

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT IMPÉRIAL

DE FRANCE.

TOME XXXII.

Paris — Typographie de Firmin Didot frères, imprimeurs de l'Institut, rue Jacob, 56.

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT IMPÉRIAL

DE FRANCE.

TOME XXXII.



PARIS,

LIBRAIRIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES, FILS ET Cie,

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT IMPÉRIAL, RUE JACOB, 56.

—

1864.



TABLE DES ARTICLES

CONTENUS

DANS LE TRENTE-DEUXIÈME VOLUME

DE LA NOUVELLE COLLECTION DES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Pages.

ÉLOGE HISTORIQUE de Louis-Jacques Thenard, par M. FLOURENS. . . . j

ÉLOGE HISTORIQUE de Adrien-Marie Legendre, par M. Élie DE BEAUMONT. xxxvij

---

RECHERCHES sur la température des végétaux et de l'air, et sur celle du sol à diverses profondeurs, par M. BECQUEREL. 3

MÉMOIRE sur la méthode des maxima et minima de Fermat, et sur les méthodes des tangentes de Fermat et Descartes, par M. DUHAMEL. . 269

RECHERCHES sur la température de l'air au nord, au midi, loin et près des arbres, par M. BECQUEREL.. 393

NOUVEAU MÉMOIRE sur la coloration électro-chimique et le dépôt de peroxyde de fer sur des lames de fer et de cuivre, par M. BECQUEREL. 573

Pages.

Mémoire sur la température de l'air et celle des couches superficielles de la terre, par M. Becquerel. 599

Mémoire sur la température de l'air et ses variations suivant l'état du sol, par M. Becquerel. 665

Mémoire sur la température des couches terrestres au-dessous du sol jusqu'à 36 mètres de profondeur, par M. Becquerel. 721

Mémoire sur la décomposition électro-chimique des composés insolubles, par M. Becquerel. 765

Nouvelle méthode pour graduer les aréomètres à degrés égaux et l'alcoomètre centésimal, par M. Pouillet. 793

FIN DE LA TABLE DU TRENTE-DEUXIÈME VOLUME.

INSTITUT IMPÉRIAL DE FRANCE.

ÉLOGE HISTORIQUE

DE

LOUIS-JACQUES THENARD

PAR M. FLOURENS
SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

Lu dans la séance publique du 30 janvier 1860.

Née du goût du merveilleux et du penchant à la crédulité, partant presque aussi vieille que l'est le monde, l'alchimie fut introduite en Europe par les Arabes. Elle promettait les *richesses* et la *santé* : aussi fut-elle accueillie en souveraine. Le but qu'elle poursuivait était la possession de la *pierre philosophale*, mystérieuse substance au moyen de laquelle on obtiendrait la transmutation de tous les métaux en or, la guérison de tous les maux, un terme indéfini pour la vie, et le commerce des hommes avec les êtres spirituels.

Des milliers de fervents adeptes dévouèrent leur existence à la poursuite de cette chimère. L'un d'eux nous peint ainsi ses émules : « Un certain genre d'hommes excentrique, hétéroclite, hétérogène, anomal, et qui possède en propre un goût fort singulier, où l'on perd sa santé, son argent, son temps et sa vie. » Du milieu des ténèbres jaillirent cependant quelques étincelles qui éveillèrent leur génie. Ces chercheurs infatigables nous léguèrent d'audacieuses conquêtes : la poudre à canon, l'alcool, les acides minéraux, l'antimoine, leur sont dus. Roger Bacon, Arnaud de Villeneuve, Raimond Lulle, Valentin, Paracelse, Van-Helmont, Becher, représentent l'âge héroïque de la chimie, qui les reconnaît pour ses créateurs.

Longtemps les entraves de l'absurde enlacèrent la science nouvelle. Saint-Simon nous dit gravement que le régent, « qui aimait et cultivait la chimie, avait cherché par elle, tant qu'il avait pu, à voir le *diable*, sans y avoir pu parvenir. »

Après ce premier âge, cet âge des alchimistes où l'on ne vit pas le diable, on vit les remèdes arabes, qui, selon Gui Patin, ne valaient pas mieux. « Je me suis fait l'ennemi, dit-il, de tous ces cuisiniers arabesques qui, par l'antimoine seul, tuent plus de gens que n'a fait le roi de Suède en Allemagne. »

De son confrère, le médecin du cardinal Mazarin, il écrit : « Il se pique de trois choses qui ne firent jamais un homme sage, de savoir de la chimie, de l'astrologie et de la pierre philosophale; on ne guérit pas les maladies avec ces beaux secrets. »

L'un de ces beaux secrets faisait cependant son chemin

dans le monde. Lémery vint à Paris, en 1666. Il s'adressa à Glazer, alors démonstrateur au Jardin du Roi, et se mit en pension chez lui pour être à une bonne source d'expériences et d'analyses. « Malheureusement, il se trouva (c'est Fontenelle qui parle) que M. Glazer était un vrai chimiste, plein d'idées absurdes, avare de ces idées-là même, et très-peu sociable. » Lémery le quitta, et, s'étant fait recevoir maître apothicaire, ce qui alors était inhérent à la qualité de chimiste, il ouvrit des cours publics. « Son laboratoire était moins une chambre qu'une cave, nous dit encore Fontenelle, et presque un antre magique, éclairé de la seule lueur des fourneaux. Cependant l'affluence du monde était si grande qu'à peine avait-il de la place pour ses opérations. » Ce cours fut imprimé, et divulgua ce qu'on appelait alors les *secrets de la chimie.* Aussi se vendit-il, c'est toujours Fontenelle qui parle, « comme un livre de galanterie ou de satire ».

En employant une langue intelligible, en remplaçant les *secrets* par des idées nettes et simples, Lémery fit faire un progrès important.

Mais une science ne se constitue qu'autant qu'un lien en réunit les faits connus. Rattachant tous ceux qui l'étaient alors au grand phénomène de la combustion, Stahl, médecin allemand, tenta d'expliquer celui-ci par le dégagement d'un principe imaginaire, qu'il nomma *phlogistique.* Sa théorie rallia, durant cinquante ans, l'Europe savante.

Un Français, homme de génie, jeta bas cet édifice. Vainement voulut-on le trouver trop financier pour être savant, trop savant pour être financier, il fit de son époque la grande époque de la chimie.

Lavoisier débuta en apprenant aux hommes que l'air, ce

milieu dans lequel ils vivent, est composé de deux gaz, dont l'un, l'oxygène, sert à la respiration, à la combustion, et dont l'autre, l'azote, y reste étranger. Il montra qu'un être animé, plongé dans l'oxygène, y respire avec plus d'activité que dans l'air commun, et que, plongé dans l'azote, il meurt. Il fit voir qu'il n'y a point de combustion possible sans oxygène, sans air. Il prouva que les métaux, en se calcinant, augmentent de poids, et que, cette augmentation, ils l'acquièrent parce que l'oxygène s'unit à eux. Cette théorie de la combustion par la décomposition de l'air et la fixation de l'oxygène parut se compléter lorsque Lavoisier crut pouvoir établir que ce même oxygène était aussi le principe de l'acidification.

Rien de plus beau, de plus simple que cet ensemble. Sous l'impulsion de la théorie de Lavoisier, les progrès de la chimie semblèrent un enchaînement de merveilles. La gloire de cet homme remplissait le monde, lorsqu'un sacrilége affreux termina sa noble existence, laissant à sa patrie le deuil éternel du remords.

Les Berthollet, les Fourcroy, les Monge, devinrent alors les interprètes de la chimie. Reconnue chaque jour plus applicable, elle marchait, à pas de géant, vers une popularité qu'aucune de ses sœurs n'est en mesure d'atteindre.

Un petit pâtre disait un jour, nous raconte-t-on : « Si j'étais empereur, je garderais mes vaches à cheval. — Pour moi, lui répondit son camarade, si je le deviens, trois fois la semaine, je mangerai de la soupe au lard. — Supposé que cela

m'arrive, reprit le plus jeune, je me ferai payer mes journées à trente sols pour en donner vingt à ma mère. » Mus par quelques-unes de ces primitives et meilleures inspirations dont l'écho affaibli s'éteint dans nos grandes cités, par une splendide matinée de printemps, cheminaient, sur une des grandes routes, belles et calmes, qui sillonnent nos riches campagnes, trois vigoureux enfants de la Champagne : le cœur gros, la bourse légère, ils quittaient le toit paternel et s'éloignaient du petit village de la Louptière près Nogent-sur-Seine. Ils se dirigeaient vers Paris, non qu'ils voulussent y chercher fortune; mais au contingent scientifique qu'ils avaient recueilli des leçons de M. le curé, et plus tard du savant père Bardin, oracle de ces contrées, ils sentaient le besoin d'ajouter, car ils étaient ambitieux. L'un d'eux visait à être le médecin du canton, et, se partageant le pays, les deux autres voulaient y être apothicaires; le plus téméraire allait même jusqu'à rêver d'associer à son laboratoire un petit commerce d'épiceries. Ce qui pouvait expliquer de si grands projets, c'est que la tempête révolutionnaire contraignait les parents de celui-ci, honnêtes et vigilants laboureurs, à renoncer à une exploitation qui longtemps leur avait été confiée, que, retirés sous leur toit patrimonial, ils auraient encore cinq enfants à élever, et qu'enfin celui qui s'éloignait avait toujours été l'espoir ambitieux de la mère : aussi était-ce bien près d'elle qu'il viendrait exercer.

Tout en devisant sur de si douces espérances, nos voyageurs avançaient vers le but : comme ils étaient près de l'atteindre, le plus clairvoyant fit sentir la nécessité d'analyser les ressources de leur budget. Les calculs auxquels il se livra, bien qu'il se montrât déjà habile à ne laisser échapper au-

cune fraction, ne purent jamais atteindre au-delà d'un total de seize sols par jour pour chacun d'eux.

Cette conviction acquise, nos jouvenceaux se dirigèrent vers les hauteurs du pays latin; ce n'était point assez : là ils gravirent au plus haut étage d'une maison, et furent heureux d'y trouver une chambre où ils purent se nicher en commun. Restait à pourvoir à la plus impérieuse des nécessités. L'homme pratique, qui avait analysé le budget, explora le voisinage. Sous ce toit hospitalier, habitait un ménage de ces braves Auvergnats qui, pour posséder un jour un champ et aller mourir dans leurs montagnes, nous distribuent trente ans de l'eau et du charbon. Notre parlementaire ouvre des négociations; il expose à la mère Bateau, avec la candeur de ses dix-sept ans, la position et les ressources. La bonhomie qui dès lors se peignait sur sa figure, la franchise avec laquelle il laissait voir son désir de succès, touchèrent cette brave femme; et, bien qu'elle fût convaincue que l'engagement de fournir aux besoins de trois jeunes estomacs avec de si minces ressources fût téméraire, surtout à cette époque de quatre-vingt-quatorze, à cause de cette époque même, à cause surtout de sa qualité de mère, elle les agréa pour pensionnaires. Ils avaient donc :

Le vivre et le couvert : que faut-il davantage?

Louis-Jacques Thenard, né le 4 mai 1777, sortait ainsi triomphant de la mission diplomatique la plus difficile qu'il ait jamais entreprise, et s'installait à Paris. Lors du début, il lui arriva une fois ou deux de n'être pas exact au rendez-vous de la mère Bateau. La rude abstinence qui en résulta

« me fit contracter, disait-il plus tard, une habitude de ponctualité dont je ne me suis jamais départi, et qui a ajouté à ma reconnaissance pour cette excellente femme. »

Deux hommes de mérite enseignaient alors la chimie. Fourcroy, par la lucidité de son esprit, par son exposition facile et savante, obtenait les succès qui lui valurent une réputation universelle. Vauquelin, moins brillant, mais plus expérimentateur, amassait par un labeur incessant les matériaux dont il a enrichi la science.

Notre jeune Champenois, tout yeux et tout oreilles, ne manquait aucune de leurs leçons ; il écoutait, écoutait toujours : après un examen consciencieux, il se convainquit qu'il ne comprenait rien. A cette triste découverte, que les gens incapables ne font jamais, scrutant quel pouvait être l'obstacle, il comprit que, dans une science qui n'est point spéculative, il faut commencer par apprendre le métier. Vauquelin, pauvre alors, admettait bien dans son laboratoire ceux de ses élèves qui pouvaient lui payer une rétribution de vingt francs par mois, mais il était impossible à Thenard de prendre un pareil engagement. Là pourtant il voit sa seule ressource ; il s'arme donc de courage, se présente à Vauquelin, lui dit toute la vérité, sa pénurie, son amour du travail, lui demande, le supplie de l'agréer, ne fût-ce que comme garçon : ses services l'acquitteront.

Vauquelin a déjà éloigné de pareilles offres ; sa gêne est extrême. Repoussant tous les souvenirs qui le reporteraient vers une position analogue, il formule un refus, et le postulant voit ses espérances s'évanouir. Cependant son chagrin, son air intelligent, ses formes campagnardes surtout, ont

par analogie intéressé les sœurs de Vauquelin, qui, pendant l'entretien, se sont furtivement introduites. « Mais il est gentil ce petit, dit une voix protectrice ; tu devrais le garder ; il aiderait dans le laboratoire et surveillerait notre pot-au-feu, que tous tes muscadins laissent trop bouillir. » Voilà donc, grâce à cette leçon de chimie pratique, Thenard introduit. « Je n'ai jamais été assez ingrat, disait notre excellent confrère, pour oublier qu'un pot-au-feu qui bout ne fait que de la mauvaise soupe ! » Son caractère facile, la sagacité de son esprit, le firent aimer de tous les jeunes gens qui fréquentaient le laboratoire : par eux il élargit le cercle de ses études, et ses remarquables moyens trouvèrent à se développer.

Trois ans s'écoulèrent sans que le plus léger sourire de la fortune vînt modifier les sévères conditions de son existence, et sans qu'il se lassât d'épier, d'espérer.

Enfin, Vauquelin fit admettre Thenard comme professeur dans une institution. Celui-ci, qui était pourvu d'un sens très-droit, comprit qu'il devait tendre à réformer un accent, un geste, une emphase, qui étaient l'écho des impressions reçues dans les plaines de la Champagne. Ce but raisonnable, et aussi un goût très-prononcé, le conduisaient au théâtre toutes les fois que son estomac se prêtait à une abstinence assez longue pour qu'il pût réunir trente sols. Alors il allait entendre les interprètes de Corneille et de Racine, n'entrevoyant que dans un avenir éloigné les périls d'une chaire publique.

« Je suis obligé de me rendre à Rouen, lui dit un matin Vauquelin ; mon cours est commencé ; remplacez-moi. »

A la première leçon, le professeur et les auditeurs restèrent convaincus de l'impérieuse nécessité du progrès; les suivantes laissèrent voir de sensibles améliorations; à la cinquième, Thenard, devenu plus maître de son sujet, tentait de promener son regard dans la salle, lorsque, en un coin, il aperçut Vauquelin et Fourcroy qui souriaient à ses efforts: à cette vue, il pâlit et prend la fuite. Ces deux hommes excellents travaillaient alors de concert à le faire admettre comme répétiteur à l'École polytechnique. Dès qu'il fut en possession d'un peu de temps, d'un peu d'aisance, il produisit des travaux originaux.

A partir de 1799, où un premier Mémoire fut présenté par M. Thenard à l'Académie, cette compagnie l'a vu, pendant plus d'un demi-siècle, apporter plusieurs fois chaque année les fruits de recherches, qui sont devenues les bases des progrès que lui doivent la science, les arts et l'industrie.

L'ordre de se rendre dans le cabinet du ministre de l'intérieur ayant été inopinément expédié à notre jeune expérimentateur, celui-ci, assez intrigué, se présente. « Le bleu d'outremer nous manque, lui dit Chaptal; d'ailleurs c'est en tout temps un produit fort rare et fort cher, et Sèvres a besoin d'un bleu qui résiste au grand feu. Voici quinze cents francs, va me découvrir un bleu qui remplisse les conditions que j'indique. — Mais, dit Thenard, je..... — Je, je.... n'ai pas de temps à perdre, » reprend Chaptal d'un ton bourru; « Va-t'en et apporte-moi mon bleu au plus vite. » A un mois de là, les riches nuances des plus beaux vases de Sèvres témoignaient du succès obtenu.

Dès 1803, M. Thenard avait réduit le prétendu acide zoonique à n'être qu'un acide acéteux impur. Cet acide était une

découverte de Berthollet, alors à l'apogée de sa réputation, et qui s'en montra digne en s'attachant à protéger son jeune et sagace contradicteur.

Lorsque celui-ci s'occupa de l'oxydation des métaux, ferme dans l'exposé de ses convictions, il posa nettement l'idée des oxydes à proportions fixes en face de Berthollet qui la niait.

De nombreux travaux sur la chimie organique ont occupé M. Thenard. Dépassés depuis par ceux de ses successeurs, ils n'en laissent pas moins à leur auteur le mérite d'avoir su découvrir les rapports qui lient la chimie à la physiologie. Cette science de la vie s'appuie sur l'art de l'analyse où la chimie excelle, art supérieur et délicat, qui s'élève du laboratoire, s'épure, devient l'art de l'esprit, l'art divin de discerner, de démêler, que Condillac a porté dans la philosophie, et que Lavoisier déclare avoir tiré de ce philosophe.

En 1807, parurent des recherches sur les éthers; elles eurent un grand intérêt. On savait qu'en distillant certains acides avec de l'alcool on formait des éthers, et l'on ne savait rien de plus. M. Thenard en fit connaître plusieurs nouveaux; mais surtout il établit les bases de la théorie de ces agents, qui nous ont déjà révélé quelques-uns de leurs étonnants effets sur la vie et qui nous en cachent de plus singuliers encore.

Tandis que Thenard s'absorbait avec bonheur dans de vigoureuses études, son maître Vauquelin s'enquérait des moyens de revêtir ce rejeton favori des formes, des séductions de langage qu'il n'avait pas ambitionnées pour lui-même,

mais auxquelles il avait applaudi dans Fourcroy. L'entreprise était laborieuse: tandis qu'il y rêvait, l'Athénée s'ouvrit. On se rappelle ces réunions mondaines où tout s'enseignait, où tout osait se mettre au jour, depuis les opinions philosophiques les plus hardies jusqu'aux coquettes futilités qui amènent le sourire sur de frais visages. L'expérimentateur Thenard s'y produisit. Tout en recueillant les avantages de ce contact, le jeune homme trouvait plus de séductions encore dans de longues et solitaires veillées, consacrées au travail. Après une d'elles, alors qu'il était encore dominé par le sommeil, sa porte s'ouvre brusquement: « Allons, allons, debout et qu'on se fasse beau, » dit une voix à lui bien connue. « Qu'y a-t-il donc? » articule le dormeur en frottant ses yeux. « Il y a, répond Vauquelin, que la loi sur le cumul me force à renoncer à ma chaire du collége de France, et que je veux que vous alliez demander ma succession. — Je ne le puis, je ne le dois pas, » reprend Thenard, dont le cœur s'éveille le premier. « Voyons, enfant, dépêchez-vous donc; j'ai pris le cabriolet à l'heure et vous me ruinez avec tous ces retards. » Thenard, traîné à la remorque, fit les visites nécessaires. Les choses allèrent au mieux, et bientôt il monta dans cette chaire qui devait tant contribuer à sa prodigieuse popularité.

La jeunesse accueillit ce représentant de la science, pris au milieu d'elle, ce vigoureux fils du travail, qui par le travail avait vaincu le dénûment, qui n'avait point le ton dominateur: flattée d'une apparence de patronage, elle s'attacha à ses succès. Pour Thenard, ne prisant pas assez tout ce que valait sa nature un peu lourde, mais excellente, il se laissa prendre de l'envie de se transformer: ce fut probablement la seule

expérience qu'il manqua. Vainement demanda-t-il à la société des modèles, à ses amis des conseils, à nos grands acteurs, Molé et Talma, des leçons, tout cela resta sans effet; le campagnard ne se laissa pas effacer, et bien lui en prit, car un cachet original, un peu rustre, mais tout français, a fait de M. Thenard un type que la nation entière a connu, qu'elle a aimé, et dont elle s'honore.

Quelques années seulement séparaient Thenard de l'époque désastreuse où, à l'invasion étrangère menaçant nos frontières, il avait fallu opposer instantanément des canons, des places fortes, des vaisseaux; où il avait fallu improviser des armes, des munitions; où, à la voix de la patrie, on avait vu surgir l'art de la fonte des canons, de la fabrication du salpêtre, de la télégraphie, de l'aérostat. Monge et Berthollet s'étaient distingués parmi ceux qui prodiguèrent alors leurs secours intelligents. Remarqués par l'homme de génie qui conçut le plan de l'expédition d'Égypte, ils l'accompagnèrent sur cette terre étrangère. Au retour, souvent encore il les consultait. « Expliquez-moi donc, disait-il un jour à Laplace, pourquoi je ne vois plus Berthollet. — Mon ami s'est laissé compromettre dans des entreprises industrielles, répondit Laplace; ses ressources sont insuffisantes et le chagrin l'accable. — Dites-lui qu'il vienne me voir. » A quelques jours de là, Napoléon aperçoit au fond d'un salon son vieil Égyptien; il va droit à lui, lui tend la main : « Comment, Berthollet, dit-il, vous êtes malheureux; vous avez des amis, et vous leur faites l'injure de ne pas compter sur eux; indiquez la somme qui vous est nécessaire, et ne songez plus qu'à vos travaux. »

Berthollet initiait alors à ces travaux un jeune homme que son amour intelligent du travail lui avait fait choisir comme répétiteur. Dès les premiers Mémoires que publia Gay-Lussac, on put entrevoir la netteté d'esprit, la rectitude de jugement qui ont donné à sa carrière scientifique une valeur si sérieuse. Rapproché par la similitude de position, il se lia avec Thenard : l'un et l'autre furent conviés à venir partager les joies du travail dans la retraite que Berthollet s'était faite à Arcueil. Là, aux inspirations d'un tel maître, vint s'ajouter l'influence supérieure et bienfaisante de Laplace, qui se donnait, au milieu d'un cercle de jeunes savants, les douceurs du patronage.

Un grand bruit surgit, vers cette époque, à travers le monde savant. Berzélius venait de révéler le pouvoir de désunion qu'exerce la pile voltaïque sur les corps composés. Davy, en se servant d'appareils plus puissants, parvint à décomposer les deux alcalis fixes, qui jusqu'alors avaient été considérés comme des corps simples : dans la potasse et dans la soude, il trouva, unis à l'oxygène, deux métaux auxquels il donna les noms de potassium et de sodium. Il entreprit ensuite l'analyse des terres alcalines : chacune lui offrit un métal particulier, et il retrouva dans toutes le même principe commun, l'oxygène. Il venait en outre, dans un écrit plein de vues hardies, de démasquer quelques-uns des rapports profonds qui lient les forces chimiques aux forces électriques, les affinités à l'électricité. C'est alors que, dans un élan de généreux enthousiasme, l'Institut de France décerna à cet écrit le grand prix fondé pour les progrès du galvanisme. Quoique l'on fût en pleine guerre, sir Humphry Davy fut autorisé

à venir le recevoir. C'était justice ; elle fut noblement rendue.

« Tolérerez-vous donc cette victoire des Anglais? » disait avec impatience Napoléon à Berthollet. Une pile gigantesque, construite par ses ordres, fut confiée à Thenard et Gay-Lussac. Ceux-ci annoncèrent bientôt à l'Académie, qu'au moyen des affinités ordinaires ils parvenaient à obtenir les nouvelles substances plus abondamment que par la pile. Puis, se servant du potassium et du sodium, métaux découverts par Davy, ils réussirent à isoler un corps nouveau, un corps simple, qu'ils nommèrent bore.

Davy reconnut la supériorité de la méthode chimique pour l'extraction des métaux; mais il réclama ce radical, ce bore, qu'il disait avoir entrevu. A aucun prix Thenard et Gay-Lussac ne voulurent le lui concéder. En cela ils avaient raison ; mais en même temps ils soutenaient que le sodium et le potassium, loin d'être des corps simples, étaient des combinaisons des alcalis avec l'hydrogène, ou des hydrures. Le savant anglais leur répondit fort justement que, s'ils tenaient à cette théorie, il fallait donc qu'ils consentissent à ce que leur bore ne fût qu'un *hydrure d'acide borique*. Cet argument resta sans réplique.

Ce n'était là que le commencement d'un débat qui, au profit de la science, à l'honneur des deux pays, ne dura pas moins de cinq ans, et qui marque l'époque où les bases des idées actuelles sur les corps simples ont été fixées.

Dans un des Mémoires où ils rendaient compte des différentes phases de la lutte qu'ils soutenaient contre leur antagoniste d'outre-mer, Thenard et Gay-Lussac imprimèrent

cette phrase : « On peut supposer que l'acide muriatique oxygéné est un corps simple. »

Ils n'émettaient une pareille opinion qu'après avoir attaqué cet acide par le potassium et y avoir cherché avec acharnement une trace quelconque d'oxygène. C'est qu'en effet si l'acide muriatique oxygéné était admis comme un corps simple, un principe nouveau d'acidification se montrait, et une brèche énorme était faite à la théorie de Lavoisier. Effrayés de telles conséquences, retenus d'ailleurs par l'inébranlable conviction de Berthollet, ils n'osèrent se prononcer plus affirmativement.

L'Angleterre recueillit la gloire qu'ils laissaient échapper. Davy admit l'acide muriatique oxygéné comme une substance simple; il lui donna le nom de *chlorine* ou *chlore*, et toutefois reconnut que le premier indice du nouveau principe acidifiant revenait à ses deux rivaux. Ainsi se trouva modifiée la grande théorie de Lavoisier, qui n'en reste pas moins l'un des plus glorieux monuments que le génie français ait élevé aux connaissances humaines.

De constants efforts, longtemps prolongés, avaient fort agrandi le savoir et la réputation des deux amis. Ils s'étaient, tant qu'avait duré le débat, si noblement confondus dans une même responsabilité, que les savants étrangers croyaient à une seule individualité. Dans l'intimité même, la part que chacun d'eux y avait prise resta toujours ignorée.

Lorsqu'on créa, en 1809, un enseignement à la Sorbonne, nos deux représentants de la *science militante* furent appelés à y participer. Thenard eut alors l'idée de faire à la Faculté un cours élémentaire, et de professer au Collége de

France la chimie transcendante. Le nombre des élèves s'en augmenta, bien qu'ils eussent à braver les chances d'une attente, rendue souvent infructueuse par le défaut de place. Le professeur comprit la nécessité de rédiger ses leçons. Elles parurent en quatre volumes, dont la première édition date de 1813, et la sixième et dernière, de 1836. Chacune de ces éditions fut un très-sérieux travail, où l'auteur intercala les progrès et les opinions qui se firent jour. Ce livre a régné seul dans les écoles pendant plus de vingt-cinq ans. On peut dire que presque toute l'Europe a appris de M. Thenard la chimie, et que la plupart des grands chimistes français ou étrangers s'honorent aujourd'hui en lui rendant hommage de leur savoir.

Lorsque l'Institut perdit Fourcroy, des concurrents nombreux disputèrent à Thenard l'honneur de lui succéder. Son ami Gay-Lussac fit, de son premier vote, le complément de l'unanimité qui appela son émule à siéger à côté de lui.

La grande émotion que ce succès causa à Thenard n'exalta point sa tête; elle alla droit à son cœur. « Dès que je fus bien sûr que je pouvais y croire, racontait-il, je pris mon paquet et je partis pour la Louptière : quelle joie j'allais causer à ma mère! Pour comble de bonheur, j'avais dans mon bagage un livre qu'elle m'avait demandé : *l'Imitation de Jésus-Christ* en gros caractères, dans lequel elle pourrait lire sans lunettes! Cet exemplaire tant cherché, lorsqu'il m'était tombé sous la main, m'avait paru la plus précieuse de mes découvertes. »

Assis au foyer maternel, et redevenu l'enfant du village, Thenard reçut, fêta tous ceux qui avaient été les témoins de ses débuts dans la vie. Il recueillit les tendres conseils de sa

mère. Au moment des adieux, elle répéta : « Maintenant il faut te marier. »

Ce vœu retentit doucement aux oreilles du voyageur. Dès le temps où le patronage de Vauquelin lui était venu en aide, Thenard avait connu M. Humblot, jeune chimiste que la fortune et la naissance conviaient à une vie aussi facile que la sienne était alors sévère. Pour soutenir le courage de Thenard, souvent celui-ci lui avait rappelé la destinée de son beau-père, qui, garçon jardinier dans un couvent, y avait improvisé son talent de peintre, et qui, à sa patrie en révolution, ayant su offrir de successives et semblables improvisations, avait grandi ses services, son illustration, sa fortune, et s'était vu comblé de la confiance d'un héros qui a écrit de lui : « Conté est capable de créer les arts de la France au milieu des déserts de l'Arabie. »

Cette famille recevait Thenard dans l'intimité; elle avait applaudi à tous ses succès ; rien dans son passé, rien dans sa modeste fortune n'était ignoré d'elle. Madame Humblot eut cependant à deviner : heureusement, en sa qualité de fille de Conté, était-elle fort ingénieuse ; elle devina donc que Thenard rêvait silencieusement à quelque grand succès qui lui donnât enfin l'audace de lui demander sa fille, que, avoua-t-il, il ne trouvait que trop belle et que trop riche.

Cet obstacle n'ayant pas paru insurmontable, notre savant se maria. Comme il était homme de sens, d'ordre, et qu'il savait entrer dans les détails de la vie pratique, il commença, dès ce moment, à édifier cette grande fortune où se sont confondus les fruits de son labeur, de son alliance et de sa bonne administration.

Le succès toujours croissant de son enseignement était

devenu pour Thenard la touche la plus sensible de son amour-propre. On le voyait, à chaque leçon, déployer toute l'ardeur d'un général qui commande sur un champ de bataille; jamais il ne laissait rien à l'imprévu : ne faisant qu'un nombre restreint d'expériences, il les voulait rigoureuses, frappantes, présentées au moment précis. A la plus légère inadvertance, au moindre mécompte, de rudes bourrasques venaient assaillir les pauvres aides, qui, avec cette nature vive et emportée, eussent eu la vie fort dure, sans les prompts retours et la loyale bonhomie. « Dans un cours, assurait Thenard, les élèves seuls ont le droit d'être comptés : professeur, préparateurs, laboratoire, tout doit leur être sacrifié. » Devant un auditoire, témoin de l'une de ses fureurs, il consolait la juste susceptibilité de celui qu'il avait rudoyé, lui disant : « Fourcroy m'en a fait bien d'autres! Cela donne de la promptitude dans l'esprit. »

Grâce à *cette promptitude dans l'esprit,* Thenard se rendit maître de l'un de ces pénétrants aperçus qui ouvrent à la science des horizons nouveaux. Voici comment il raconte la découverte de l'eau oxygénée :

« C'était en 1818: je faisais à la Sorbonne ma première leçon sur les sels. — « Pour que les métaux s'unissent aux acides, « disais-je, il faut qu'ils soient oxydés et qu'ils ne le soient « qu'à un certain degré : quand la quantité d'oxygène est trop « grande, l'oxyde perd une partie de son affinité. » Comme exemple, j'allais citer le deutoxyde de barium, quand un remords me traversa l'esprit : l'expérience n'avait pas été faite.

« A peine rentré dans le laboratoire, je demande de la baryte oxygénée; j'étends de l'acide chlorhydrique avec de la glace, et j'en ajoute de manière à avoir un liquide à zéro. —

J'hydratai la baryte et la mis à l'état de pâte. Je fis le mélange : la baryte, à mon grand étonnement, se dissout sans effervescence sensible.

« Je m'éloignai, l'esprit préoccupé d'un fait aussi anomal. Quand je revins pour la leçon suivante, j'aperçus de petits globules attachés aux parois du vase, comme ceux que l'on observe dans un verre rempli de vin de Champagne; il s'échappait du milieu du liquide des bulles de gaz, assez rares du reste. Je prends alors un tube fermé à la lampe par une de ses extrémités; j'y verse de ce liquide et je chauffe; bientôt des bulles très-nombreuses se dégagent; le gaz s'accumule dans la partie du tube, restée libre; j'y plonge une allumette, elle s'enflamme : c'était de l'oxygène.

« C'était aussi l'heure de faire ma leçon, je la fis; mais elle se sentit terriblement de ma préoccupation! »

Thenard saisissait la trace d'un fait tout nouveau; il crut d'abord avoir découvert des acides suroxygénés; bientôt il s'aperçut que ces acides n'existaient pas.

Serait-ce donc l'eau elle-même, l'eau seule qui s'oxygène?

A peine cet éclair a-t-il traversé son esprit, que déjà le fait est prouvé par l'expérience.

L'eau oxygénée était acquise à la science; une voie nouvelle et féconde était ouverte par Thenard. Le bruit en retentit dans toute l'Europe savante. Les chimistes étrangers vinrent assister aux expériences, et Berzélius arriva de Stockholm comme on arrive pour souhaiter une bienvenue.

Un matin il entre chez Thenard : bien qu'ils ne se fussent jamais vus, aussitôt ils se reconnurent. C'était une application de la loi des affinités. Bonnes gens l'un et l'autre, en-

flammés pour la même idole, et incapables de jalousie, ils se trouvèrent immédiatement vieux amis. « Je viens, dit le grave Suédois, recueillir des connaissances dans votre France chimique, que vous faites si grande, si riche! Votre eau oxygénée, je la verrai, n'est-ce pas? » Il parla de Gay-Lussac, de son iode, nouveau corps simple, dont toutes les propriétés ont été par lui si nettement définies, de son cyanogène, substance composée qui, dans ses combinaisons, affecte tous les caractères des corps simples. — « Et la belle théorie des proportions définies qui vous est due, l'oublierons-nous? reprit à son tour Thenard : cette révélation des lois immuables d'après lesquelles les corps se combinent est devenue le flambeau de la chimie. — Je conviens, reprit le Scandinave, que j'ai été assez heureux. — Savez-vous, ajouta-t-il, que vos récents travaux et ceux de votre ami font dire à Davy: « Thenard et Gay-Lussac séparés sont plus forts que Thenard et Gay-Lussac réunis. » Le temps impitoyable contraignit nos savants à se quitter. Thenard gagna au plus vite la Sorbonne, parvint à grand'peine jusqu'à sa chaire, commença la leçon; les choses allaient au mieux, quand, par hasard, ses yeux s'étant portés vers un angle de la salle, il se trouble, croit à une vision, cherche à y échapper, mais l'émotion ramène son regard; cette fois, ne doutant plus, il n'est pas maître de lui-même, balbutie, s'égare. Le public s'en aperçoit, s'inquiète; aussitôt sa présence d'esprit lui est rendue : « Messieurs, dit-il, vous allez comprendre mon trouble; » et, montrant un coin de l'amphithéâtre : « Messieurs, Berzélius est là. »

A ces mots, un cercle se décrivit autour de l'illustre étranger : refoulés et respectueux, les étudiants éclatèrent en ap-

plaudissements, en trépignements si vifs que le bon Berzélius en fut tout abasourdi. Vaincu par l'attendrissement, il oublia son flegme et se laissa transporter sur un siége voisin de la chaire. « Il est impossible, répétait-il, il est impossible avec de tels élèves de n'être pas bon professeur. — Je m'étais bien promis de vérifier très-secrètement, dit-il plus tard à Thenard, si tout ce que la renommée m'avait appris de votre talent de professeur était exact. Je le trouve supérieur à votre renommée. »

Thenard étudiait alors les propriétés de l'eau oxygénée. Une d'elles est fort singulière; Berzélius la nomma force catalytique. Plusieurs corps décomposent l'eau oxygénée sans éprouver aucune altération chimique, sans paraître agir autrement que par leur présence. Le phénomène ne tient donc pas aux affinités ordinaires; il ne tient pas à l'électricité, du moins à ce qu'il semble, car l'exploration la plus subtile n'a pu encore découvrir durant l'opération le moindre signe d'action électrique.

Serait-il dû à une force nouvelle?

Thenard l'a cru, l'a dit. La force catalytique deviendrait, pensait-il, le lien théorique de toute une classe de faits, dont quelques-uns étaient déjà connus.

Dans un esprit aussi exercé, à côté de la joie de découvrir vient toujours se placer la crainte de se tromper : il s'adjoignit les lumières d'un ami, chimiste le plus intrépide, conseil le plus éclairé. Ils méditèrent longtemps, travaillèrent beaucoup; Dulong partagea l'opinion de Thenard; ils laissèrent à l'avenir le soin de la conclusion.

Thenard était devenu professeur à l'École polytechnique,

depuis 1810. Associé par les travaux, l'âge et l'amitié, à l'illustre phalange qui répandit sur cette création modèle un si vif éclat, autant qu'aucun de ses membres il aima l'École d'un amour filial; les progrès, les bienfaits de cet établissement firent une de ses joies; chaque génération qu'il y instruisait contenait à ses yeux une promesse de perpétuité de gloire.

Depuis 1814, M. Thenard était membre du Comité consultatif des manufactures.

En 1815, il avait été nommé membre de la Légion d'honneur.

En 1821, il était devenu doyen de la Faculté des sciences.

En 1825, il fut créé baron par le roi Charles X.

Apprenant qu'il allait être nommé, il répétait avec agitation: « Et Gay-Lussac, pourquoi ne l'est-il pas? Autant que moi il doit l'être! »

Thenard oubliait alors qu'un jour il avait été courtisan, et courtisan très-habile : son bon cœur l'y avait entraîné. Plus que personne, il avait admiré les magnifiques peintures de la coupole du Panthéon. Ces grandes légendes de notre histoire nationale, si ingénieusement, si gracieusement racontées par le magique pinceau de Gros, excitèrent d'enthousiastes applaudissements lorsqu'elles furent mises au jour; la curiosité semblait insatiable. Une foule sans cesse renaissante saluait le peintre des plus glorieuses épithètes et promettait à son chef-d'œuvre l'admiration des générations à venir. Ces masses, impressionnables et mobiles, s'écoulèrent cependant; le calme commença à renaître; puis le silence reprit tout son empire; quelques mois à peine se succédèrent, et l'on trouva le sol de la nef jonché de plaques

de couleurs différentes et de formes variées à l'infini. Gros, averti, comprit aussitôt la portée du désastre. L'humidité avait pénétré les pierres, et la peinture, repoussée et boursouflée, se détachait et tombait rejetée en écailles. Le désespoir de l'artiste ne put être adouci ni par la sympathie du public, ni par la véritable émotion du souverain. Celui-ci ne pouvait voir sans douleur se déchirer la page qui, dans cette épopée, lui avait été consacrée.

Thenard, qu'une amitié sincère unissait à Gros, avait, à la première nouvelle, commencé dans le secret une suite d'expériences qui le conduisirent à trouver un moyen de rendre imperméables les pierres les plus poreuses. Sûr du résultat, il se rend dans l'atelier de Gros. « S'il vous était garanti que la couleur résistât, repeindriez-vous la coupole? dit-il. — Allez-vous-en au diable et ne me parlez plus de ça, » répond brutalement Gros. — Fourcroy lui en avait fait bien d'autres! aussi Thenard s'en alla-t-il tranquillement dans son laboratoire y attendre Gros. La porte s'ouvrit effectivement bientôt pour livrer passage à l'artiste, qui, d'une voix émue par la reconnaissance, articula : « Ce que vous m'avez dit serait-il bien possible? » Thenard lui montre son travail. Gros, transporté, se rend aux Tuileries. Le soir Thenard y est mandé; on l'écoute, il parvient à convaincre et demande que Darcet lui soit adjoint; on le lui promet; on lui promet surtout un reconnaissant souvenir.

Notre savant, en emportant cette assurance, emportait aussi la conviction qu'il n'en userait point. Qui peut jurer de rien? Un jour quelques-uns des derniers fuyards d'un groupe que la police venait de disperser se glissent parmi les

étudiants du cours de chimie, et s'effacent dans le nombre.

A la sortie, on trouve gardes et sergents de ville disposés à suspecter tout le monde. Les plus patients s'irritent, ceux qui ne le sont pas font tapage, on les arrête; le bruit prend alors de telles proportions qu'il parvient jusqu'au professeur : il se présente; à sa voix amie les étudiants se taisent. Il parlemente, mais la police refuse obstinément de lui rendre les prisonniers. A force de patience, il obtient cependant que tous les jeunes gens qui seront trouvés pourvus de notes seront relâchés comme étudiants : par là le plus grand nombre est sauvé; une réponse judicieuse à une interrogation, par lui posée, devient encore une planche de salut. Mais malheur à qui ne prenait point les questions chimiques en grand sérieux. Cinquante de ces malencontreux personnages furent conduits en prison. En les voyant emmener, l'excellent cœur du bon Thenard n'y put tenir; il court chez le ministre de l'intérieur, il y est fort mal reçu; chez le préfet de police, plus mal encore! Le voilà dans la rue, la tête basse : « J'ai été trop sévère, se répétait-il à lui-même; ce sont des ignorants,.... des ignorantissimes,... mais, après tout, on pourrait leur pardonner...Que faire?...» Soudain une lueur d'espérance traverse son esprit. « Et la coupole, dit-il, on m'a tant promis! » Aussitôt fait que dit, il court aux Tuileries, parvient à grand'peine à être introduit, raconte tout avec chaleur, franchise, regret : ce sont ses élèves, ses chers élèves, ses enfants, il répond d'eux. « Oui, dit le roi en souriant, mais ceux qui ne savent pas la chimie ont été mis en prison!... Voyez mon ministre.... Le cas n'a pas été prévu! »... A minuit, les portes de la prison s'ouvraient devant Thenard. « Sortons tous, Messieurs, cria-t-il; » puis, s'arrêtant

sur le seuil, il ajouta : « à une condition cependant, c'est que vous apprendrez la chimie. »

En 1830, il fut nommé conseiller de l'Université.

« Dès son entrée au conseil, a dit M. Saint-Marc Girardin, M. Thenard rendit aux sciences les grands services qu'on attendait de lui; de plus, il se trouva que ce savant éminent était un admirable homme d'affaires... Sévère contre les abus, dur contre le laisser-aller, personne n'était plus facile et plus prodigue que lui pour les véritables améliorations. M. Thenard avait de quoi être fier de bien des choses en ce monde.... Il n'y a rien dont je l'aie vu plus fier et plus heureux que de la bonne tenue des colléges de l'État. »

Pendant quatre ans, M. Thenard siégea à la chambre des députés. « Tâchez que l'on ne songe pas à moi », avait-il répondu à la personne qui, la première, lui avait parlé de l'y faire nommer. « Jamais je ne m'y suis occupé que des choses que je connaissais à fond, disait-il plus tard. » A l'occasion de l'élection de son successeur, un feu de joie ayant été allumé, il s'y rendit, disant: « Je vais assister à la célébration de la renaissance de ma liberté. »

En 1832, il répondait à un jeune prince, délégué près de lui : « La députation m'a si fort ennuyé et si mal réussi, que je ne veux pas de la pairie ; d'ailleurs je renonce à la politique. » Cependant M. Thenard appartint à la chambre haute ; il y demanda la protection de l'État pour des veuves de savants illustres, la réimpression des œuvres de Laplace, la révision de lois sur l'enseignement. Quelques questions

d'industrie nationale furent par lui profondément étudiées; mais jamais l'esprit de parti n'exerça sur cet homme le moindre empire. Dominé par la raison, il préféra aux apparences gouvernementales le gouvernement réel du domaine où il s'était fait maître, ne prisa jamais rien en lui à l'égal du chimiste : pairie, baronnie, fortune, grandeurs, ne furent à ses yeux que des enveloppes dont il appréciait les avantages et la convenance, mais qu'il ne revêtait qu'en réservant intacts les droits du simple et laborieux artisan d'une grande renommée.

Durant une carrière académique de quarante-sept ans, l'on a vu M. Thenard encourager loyalement toutes les prétentions qui lui parurent contenir des germes d'espérances, applaudir avec franchise, avec chaleur, sans opinion préconçue, à tout travail qui révélait un progrès, revendiquer une large part de solidarité dans les actes d'un Corps où il n'était presque aucun de ses confrères qui ne lui dût le secours d'une voix amie. Cette Académie, qu'il respectait si sérieusement, lui était profondément attachée : sa gloire, ses services et surtout ses habitudes de conciliation avaient assuré une véritable autorité aux opinions qu'il y émettait.

M. Thenard acceptait comme l'un des devoirs de la grande position scientifique qu'il s'était créée, l'affectueuse affabilité avec laquelle il ouvrait son salon à toutes les distinctions nationales ou étrangères; toutes y étaient accueillies; tous les mérites y étaient fêtés, tous les efforts y trouvaient encouragement et sympathie. Abstraction faite de la puissance, de la faveur, de la fortune, il y avait, pour chacun, de la part de sa famille, aménité et grâce. Mais, sous cet éclat mondain, un reflet de coloris naïf survivait; il rappelait l'origine rustique,

le caractère de nos populations centrales, et donnait un charme particulier à la maison de M. Thenard : sous son influence, la rondeur, la bonté, y étaient devenues la couleur locale.

Grand, vigoureux, M. Thenard portait haut une tête forte qu'ombrageait une chevelure abondante et noire; ses traits, bien accentués, étaient animés par un œil vif qui décélait la sagacité. On ne pouvait méconnaître en lui l'une de ces constitutions auxquelles la nature a prodigué tous les éléments d'une complète existence.

Les affections pouvaient-elles faire défaut à qui était si digne de les inspirer? De sincères attachements ont apporté, dans la vie de M. Thenard, de douces joies. Pour lui, tout fut facile et simple, parce qu'il fut facile et bon : ni la plainte, ni la rancune ne troublèrent ce cœur que plus d'une fois émurent les expressions de la reconnaissance.

Pendant une leçon faite à l'École polytechnique, il arriva, un jour, que l'un des produits nécessaires à la démonstration manqua. M. Thenard le demande avec impatience : tandis que le préparateur court de toutes ses jambes, le professeur, comme moyen de gagner du temps, met la main sur un verre et le porte à ses lèvres sans examen.

Après avoir avalé deux gorgées, il le replace. « Messieurs, dit-il avec sang-froid, je me suis empoisonné. » Un frisson électrique se produit aussitôt et fait pâlir tous les visages. M. Thenard démontre que c'est du sublimé corrosif qu'il a avalé, et ajoute que le blanc d'œuf en combat les effets : « Qu'on aille me chercher des œufs, dit-il. » A peine ce mot est-il lâché que portes et fenêtres ne sont plus assez larges; on court, on se précipite, les consignes sont forcées, les cuisines

aussi, point d'œufs; le voisinage, mis à contribution, est bientôt pillé; chacun apporte sa part.

Pendant ce temps, un élève vole à la Faculté de médecine. Interrompant un examen, il crie : « Un médecin! Thenard « s'est empoisonné à l'École en faisant sa leçon. » Dupuytren se lève. « Vous entendez, » dit-il, et il s'enfuit; un cabriolet se trouve sur son passage; il y monte, fouette, arrive, saute à terre, abandonnant le tout.

Déjà, grâce à l'albumine, Thenard était sauvé; mais Dupuytren exige l'emploi d'une sonde, afin d'être sûr que l'estomac n'absorbe aucune matière corrosive. Cet organe s'enflamme; et, sauvé du poison, Thenard fut mis en danger par le remède.

Il avait été reporté chez lui. De ce chez lui, les abords sont gardés; les élèves de toutes les Écoles se confondent pour l'entourer d'un triple rempart; des sentinelles avancées se détachent afin d'éloigner les importuns : silencieux et mornes, tous attendent les nouvelles transmises de l'intérieur : là, les plus capables ont peine à contenir leur zèle; dans la sincérité de leur affection, ils envient à la famille ses priviléges; on veille nuit et jour sans relâche, sans fatigue, car cet homme, qui exerce le tout-puissant empire de la bonté, est le bien de la jeunesse, elle veut se le conserver. Chaque matin, des bulletins exacts sont affichés dans tous les grands établissements; on ignore quels en sont les auteurs.

Lorsque Thenard reparut à la Sorbonne dans sa chaire, l'enivrement fut tel que chacun sortit sans savoir précisément ce qu'il avait fait; le professeur lui-même avoua ne pouvoir se rendre compte que de sa douce et profonde émotion.

Alors, de longues années de bonheur devaient encore

s'écouler pour M. Thenard ; mais à sa constance étaient réservées de terribles épreuves. Lorsque le grand âge semblait lui promettre la part la moins cruelle, il vit s'éteindre les objets de ses plus chères affections : sa belle-mère, cette vieille amie qui avait préparé son bonheur ; puis sa chère compagne, l'ange de sa vie : enlevée subitement, elle échappait au malheur affreux de voir succomber, dans toute la force de la jeunesse, le dernier enfant de M. Thenard ; un frère, une sœur, un neveu suivirent.

Un fils, un fils bien cher, bien digne, bien tendrement aimé, restait seul : « Je n'ose plus croire à son existence, » disait le malheureux vieillard. A de telles douleurs, tant de fois renouvelées, il n'opposa que le contre-poids doux et sage de la compassion.

La fondation de la *Société des amis des sciences* fut un hymne de reconnaissance inspiré à cette belle âme par les souvenirs du passé. A quatre-vingts ans, après lui avoir fait un legs considérable, après y avoir affilié tous ses amis, M. Thenard s'éteignit en en murmurant les statuts. « J'espère, répétait-il, avoir formé un faisceau que rien ne devra plus rompre. J'espère que ceux qui cultivent les sciences, ceux qui les appliquent, ceux même qui seulement en sentent le prix, resteront unis pour les protéger. »

Orphelins, veuves, débutants pauvres, saluez tous, de vos accents reconnaissants, la tombe de cet homme de bien dont les dernières pensées furent pour vous !

NOTE.

PAGE XXI. — *Le phénomène ne tient donc pas aux affinités ordinaires; il ne tient pas à l'électricité, du moins à ce qu'il semble, car l'exploration la plus subtile n'a pu encore découvrir durant l'opération le moindre signe d'action électrique.*

Voyez, sur ce sujet, une Note très-remarquable de M. Becquerel, *Annales de chimie et de physique*, T. XXVIII, p. 19 (1825).

Cette Note porte pour titre : *Sur les effets électro-dynamiques produits pendant la décomposition de l'eau oxygénée par divers corps;* et j'en place ici l'extrait suivant, que je tiens de M. Becquerel lui-même.

« M. Thenard a découvert que les métaux, à l'exception du fer, de l'étain,
« de l'antimoine et du tellure, tendent tous à décomposer l'eau oxygénée; que
« les plus oxydables s'oxydent, tandis que ceux qui ne le sont pas conservent
« leur éclat métallique.

« M. Becquerel a trouvé que pendant la décomposition de l'eau oxygénée
« par les éponges de platine, d'or, etc., etc., il se produit des effets électri-
« ques semblables à ceux qui auraient lieu si ces corps étaient attaqués chi-
« miquement par l'eau oxygénée. Il en a conclu que cette décomposition et
« les actions chimiques proviennent de la même cause.

« Ce résultat, ajoute M. Becquerel, a vivement intéressé M. Thenard. »

LISTE DES OUVRAGES

DE LOUIS-JACQUES THENARD.

Recherches physiques et chimiques faites à l'occasion de la grande batterie voltaïque donnée par S. M. I. et R. à l'École polytechnique, 1809. 2 vol. (avec Gay-Lussac).

Recherches physico-chimiques faites sur la pile, sur la préparation chimique et les propriétés du potassium et du sodium, sur la décomposition de l'acide boracique, 1811. 2 vol. (avec Gay-Lussac).

Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique, suivi d'un *Essai sur la philosophie chimique,* et d'un *Précis sur l'analyse,* 1813-16. 4 vol., 6e édit. 1833-36, 5 vol.

Notice sur l'acide sébacique (Journal de l'École polytechnique, T. IV, 1802).

Observations sur l'acide zoonique (*Ibid.*, T. IV).

Recherches sur les oxydes et sur les sels de mercure (*Ibid.*, T. IV, 1806) (avec Fourcroy).

Notice sur la purification de l'huile de colza (Annales de chimie, T. XXXVIII).

Notice sur les tartrates (*Ibid.*, T. XXXVIII et XLI).

Sur les phosphates de soude et d'ammoniaque (Annales de chimie, T. XXXIX).

Sur les oxydes de cobalt et les ammoniaco-métalliques (*Ibid.*, T. XLII).

Sur la formation vineuse (*Ibid.*, T. XLVI).

Sur le nickel (*Ibid.*, T. L).

Sur la liqueur fumante du Cadet (*Ibid.*, T. LII).

Sur la combinaison de l'antimoine avec l'étain, (*Ibid.*, T. LV),

Sur l'oxydation des métaux en général, et en particulier du fer (*Ibid.*, T. LVI).

Sur l'alun de Rome, comparé à ceux des fabriques de France (*Ibid.*, T. LIX).

Sur l'analyse de l'aréolithe d'Alais (*Ibid.*, T. LIX).

Sur l'analyse de la sueur, l'acide qu'elle contient, et les acides de l'urine et du lait (*Ibid.*, T. LIX).

Sur l'éther nitreux (*Ibid.*, T. LXI).

Sur l'éther muriatique (*Ibid.*, T. LXI et LXIII).

Sur les produits de l'action des muriates métalliques, de l'acide muriatique oxygéné et de l'acide acétique sur l'alcool (*Ibid.*, T. LXI).

Sur la décomposition de la potasse et de la soude (*Ibid.*, T. LXV et LXVI).

Sur la coagulation de l'albumine (*Ibid.*, LXII).

Sur la décomposition et recomposition de l'acide boracique (*Ibid.*, T. LXVIII).

Sur l'analyse des matières animales et végétales (Annales de chimie, T. LXXIV).

Sur les mordants employés en teinture (*Ibid.*, T. LXXIV).

Répliques et observations sur trois mémoires de Davy (*Ibid.*, T. LXXV).

Expériences sur le phosphore (*Ibid.*, T. LXXXI et LXXXV).

Expériences sur le gaz ammoniac (*Ibid.*, T. LXXXV).

Analyse de l'eau minérale de Provins (*Ibid.*, T. LXXXVI).

Sur l'eau oxygénée (huit Mémoires dans les *Annales de physique et de chimie,* T. VIII à XI).

Sur la lumière produite par la compression du gaz (Annales de physique et de chimie, T. XLIII).

Mémoire sur l'action des acides végétaux sur l'alcool, sans l'intermède ou avec l'intermède des acides minéraux (Mémoires de l'Académie des sciences : Savants étrangers, T. II, 1811).

Mémoire sur la combinaison de l'oxygène avec l'eau, et sur les propriétés extraordinaires que possède l'eau oxygénée (Mémoires de l'Académie des sciences, T. III, 1820),

Note sur la propriété que possèdent quelques métaux, de faciliter la combinaison des fluides élastiques (Mémoires de l'Académie des sciences, T. V, 1826) (avec Dulong).

M. Thenard fut nommé :

Professeur au collége de France en 1802 ;
Membre de l'Institut en 1810;
Membre de la Légion d'honneur en 1815.

Il fut promu :

Au grade d'officier en 1828;
A celui de commandeur en 1837 ;
A celui de Grand-officier en 1842.
La *Société des Amis des Sciences* a été fondée le 2 mars 1857.
M. Thenard est mort le 21 juin 1857.

INSTITUT IMPÉRIAL DE FRANCE.

ÉLOGE HISTORIQUE

DE

ADRIEN-MARIE LEGENDRE

PAR M. ÉLIE DE BEAUMONT

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

Lu à la séance publique annuelle du 25 mars 1861.

Messieurs,

On a dit que le cachet de notre siècle est l'aspiration vers le bien-être matériel. On a accusé la science d'avoir favorisé ces instincts par les nombreuses applications utiles dont elle a doté l'humanité. Il est vrai que de nos jours la chimie, la vapeur, l'électricité, ont renouvelé la face du monde. Il est certain qu'une éducation scientifique mieux entendue et

plus généralement distribuée a multiplié le nombre des hommes qui, sans avoir reçu de la nature des facultés du premier ordre, sont devenus capables de tirer de la science une grande utilité pour les autres et pour eux-mêmes. Il est même permis de supposer que des intelligences plus développées encore, séduites par l'appât de la fortune, ou cédant à une rigoureuse nécessité, ont quelquefois dévié des voies ardues de la science pure vers les voies plus douces de la science appliquée. Mais on a vu aussi, et on voit encore tous les jours, des hommes plus fortement trempés, n'écoutant que les inspirations du génie, vouer leur existence entière à des travaux difficiles, qui pour le moment serviront uniquement à l'accroissement de la science, dont les générations à venir pourront seules faire des applications utiles, qui ne seront même appréciés d'une manière un peu générale que longtemps après la mort de leurs auteurs, et dont ceux-ci n'auront retiré d'autre jouissance que l'admirable et le piquant spectacle de grandes vérités couvertes encore à tous les yeux, excepté aux leurs, d'un voile impénétrable, et la conscience d'un devoir accompli envers la Providence, qui a placé en eux les instruments des progrès futurs du genre humain.

Parmi ces hommes qui semblent être nés pour venger notre âge d'un reproche injuste, et pour relever l'humanité dans sa propre estime, figure à un rang éminent un géomètre qui a fait partie de cette Académie pendant près de cinquante ans, qui a enrichi nos publications de quelques-uns de leurs plus beaux ornements, qui a légué à l'avenir des ouvrages d'une importance capitale, dont le mérite est chaque jour plus généralement reconnu et dont la mémoire

attend à juste titre un témoignage officiel de la sympathique admiration qui lui a survécu dans le souvenir affectueux de tous ses confrères.

Adrien-Marie Legendre naquit, le 18 septembre 1752, dans une situation qui lui laissa la gloire de devoir à son propre mérite tout ce qu'il pourrait être un jour. Il termina de bonne heure, au collége Mazarin, des études classiques très-solides, où il puisa un goût durable pour la littérature des anciens, et dont on reconnaît les heureux fruits dans l'élégante pureté et la lucide concision de tous ses écrits. Il y commença aussi l'étude des mathématiques sous un maître éminemment distingué, l'abbé Marie, qui ne tarda pas à le remarquer et fut frappé de son ardeur, de la clarté de ses rédactions. Il ne s'était encore écoulé que peu de temps depuis sa sortie du collége, quand le judicieux professeur, publiant, en 1774, un Traité de mécanique, se plut à l'enrichir de plusieurs fragments remarquables dus à son disciple. L'élève, dans sa modestie, ne voulut pas être nommé; mais le professeur, dans sa justice, se fit un devoir et un honneur de signaler à l'attention des hommes de science les passages sortis de la plume du jeune Legendre, alors âgé de 22 ans.

De ce nombre est la définition des forces accélératrices. Elle se distingue par une netteté, une fraîcheur d'expressions qui sont souvent l'heureux privilége de la jeunesse. Cette définition est tellement naturelle et a si bien pris possession de tous les esprits, qu'aujourd'hui, lorsqu'on la relit, on a peine à concevoir qu'elle ait jamais rien présenté d'original et de nouveau. Elle est loin au reste de faire exception dans l'ouvrage de l'abbé Marie, qui, sous bien des rapports,

était en avant de son temps, et dont le mérite ne s'est pas borné à deviner M. Legendre.

D'Alembert avait dit, avec une juste prévision de l'avenir, que le sort des nouveaux calculs (différentiel et intégral) dépendrait de l'accueil qui leur serait fait par les jeunes géomètres. Il se plaisait à les attirer vers ces méthodes encore mal comprises, par le rang qu'il accordait dans son estime et par le dévouement qu'il aimait à témoigner à ceux qui se montraient capables de les suivre. Il n'était pas homme à laisser dans un long abandon les vives et précoces dispositions qui se révélaient dans le jeune Legendre. Peu de temps après que de premières lueurs de génie eurent fait présager ce qu'on pourrait attendre de lui, le disciple de l'abbé Marie fut nommé professeur de mathématiques à l'École militaire de Paris.

Pendant plusieurs années, de 1775 à 1780, il enseigna les bases scientifiques de l'art militaire à cette ardente et intelligente jeunesse de laquelle sont sorties plusieurs de nos grandes illustrations militaires, et qui en eût fourni un nombre plus considérable encore, sans les circonstances qui la jetèrent en partie dans l'émigration.

Le programme de son enseignement renfermait probablement les premiers éléments de la *balistique*, c'est-à-dire de l'art de lancer les projectiles, et il étudia sans aucun doute les savants traités que Bezout, Borda et d'autres hommes éminents avaient publiés sur ces matières difficiles. Aussi, lorsque la classe de mathématiques de l'Académie royale des sciences et belles-lettres de Prusse proposa, pour le sujet du prix de 1782, la question de *déterminer la courbe décrite par les boulets et les bombes, en ayant égard à la*

résistance de l'air, et de donner des règles pour connaître les portées qui répondent à différentes vitesses initiales et à différents angles de projection ; M. Legendre se trouva tout préparé à concourir.

Il concourut en effet, et le prix lui fut adjugé dans l'assemblée publique du 6 juin 1782.

Son mémoire, écrit en français et imprimé à Berlin, avait pour titre : *Recherches sur la trajectoire des projectiles dans les milieux résistants.*

Newton est le premier, dit l'auteur, qui ait fait des recherches sur les trajectoires dans les milieux résistants. Il assigne particulièrement celle qui a lieu dans l'hypothèse de la résistance proportionnelle à la simple vitesse; mais il ne donne que des approximations assez grossières pour la trajectoire qui se produit lorsque la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse... L'honneur de la découverte est dû à Jean Bernoulli, qui a publié une solution générale du problème, en supposant la résistance comme une puissance quelconque de la vitesse. Longtemps après, Euler a repris la même question dans les mémoires de l'Académie de Berlin pour l'année 1753. Son but est d'appliquer la théorie à la balistique, et il propose pour cela des moyens fort ingénieux. Dans les mémoires de la même Académie pour l'année 1765, et ailleurs, on trouve des recherches fort étendues de Lambert sur le même objet. Borda, dans les mémoires de l'Académie des sciences de Paris pour l'année 1769, a traité cette question avec son élégance et sa finesse ordinaires. D'après l'idée de Newton, il substitue à la vraie trajectoire celle qui serait décrite en vertu d'une densité très-peu variable, et il obtient par ce moyen

une approximation fort supérieure à celle de Newton. Enfin Bezout, dans son Cours d'artillerie publié en 1772, a fait une application plus particulière des méthodes qui lui sont propres au jet des bombes et des boulets.

M. Legendre pose l'équation du mouvement du projectile en admettant que la résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse. Il l'intègre avec élégance, et la réduction en série est surtout la partie remarquable du Mémoire. Quoique les hypothèses qu'il fait sur la variation de la densité de l'air aient été modifiées, ses calculs sont restés le type de ceux qui ont été faits plus en détail dans la supposition de la résistance proportionnelle au carré de la vitesse. M. Français, professeur aux écoles d'artillerie, et M. le général Didion ont seulement apporté des perfectionnements à sa méthode. Mais cette solution de la question balistique n'est plus, pour ainsi dire, qu'un monument dans l'histoire de la science depuis qu'on a reconnu la nécessité d'introduire, dans l'expression de la résistance de l'air, un terme proportionnel au cube de la vitesse. Il n'en est pas moins certain que par son Mémoire M. Legendre, jeune encore, avait su prendre une place distinguée dans la série des mathématiciens auxquels est due la supériorité de l'artillerie européenne, série qui commence par Newton, dans laquelle M. Poisson occupe un rang éminent, et que continuent avec tant de gloire les savants officiers auxquels on doit la précision actuelle du tir de notre artillerie et l'emploi des canons rayés.

Mais, quelque séduisant que pût être un pareil début, M. Legendre ne continua pas à s'occuper de l'application des sciences à l'art militaire, et on lit déjà sur le titre de

sa dissertation de balistique, imprimée à Berlin en 1782, « par A.-M. Legendre, *ancien* professeur de mathématiques à l'École militaire, à Paris. »

C'est que le jeune vétéran, auquel la discipline militaire ne fut peut-être jamais très-sympathique, avait voulu réserver tout son temps pour l'étude des parties des mathématiques qui, sans être plus difficiles, se rapportent à un ordre d'idées généralement considéré comme plus élevé.

Il s'occupait dès lors, depuis quelque temps, de recherches sur les attractions mutuelles et sur les formes des sphéroïdes planétaires, et il lut à l'Académie des sciences de Paris, dans la séance du mercredi 22 janvier 1783, un Mémoire sur l'attraction des sphéroïdes, pour l'examen duquel MM. d'Alembert et de Laplace furent nommés commissaires.

On voit, en feuilletant le précieux recueil des procès-verbaux de l'Académie royale des sciences conservé dans notre secrétariat, que dans cette même séance MM. Daubenton et Bezout faisaient un rapport favorable sur un Mémoire de M. l'abbé Haüy, relatif à la structure des spaths fluors; car c'était l'époque où M. Haüy exposait à l'Académie, dans une série de Mémoires, les idées qui sont devenues les bases de la cristallographie.

M. Legendre termina la lecture de son Mémoire, dans la séance du 19 février, et, dans la séance du samedi 15 mars, MM. d'Alembert, Bezout et de Laplace lurent le rapport suivant : « L'Académie nous ayant chargés d'examiner deux « Mémoires de M. Legendre sur l'attraction des sphéroïdes, « nous allons lui en rendre compte. Les géomètres connais- « sent la belle théorie synthétique de M. Maclaurin sur les

« attractions des sphéroïdes dont toutes les coupes sont « elliptiques, etc., etc. M. de Lagrange est depuis parvenu « aux mêmes résultats par la seule analogie dans les Mé- « moires de Berlin pour 1771, mais toutes ces recherches « supposent le point attiré à la surface ou dans l'intérieur « des sphéroïdes... »

Je regrette de ne pouvoir lire entièrement ce beau rapport, écrit de main de maître et avec une lucidité parfaite par M. de Laplace, qui lui-même avait communiqué l'année précédente à l'Académie une savante théorie des attractions des sphéroïdes et de la figure des planètes, circonstance qui rend plus honorable encore, et pour lui-même et pour M. Legendre, la justice qu'il se plaît à rendre si explicitement à son émule, naguère encore presque inconnu.

Je me bornerai à dire que l'illustre rapporteur, après avoir analysé les deux Mémoires de M. Legendre, dont la conclusion est que, pour déterminer l'attraction d'un sphéroïde sur un point extérieur quelconque, il suffit de faire passer par ce point la surface d'un autre sphéroïde décrit des mêmes foyers que le premier, terminait en disant : « Le « théorème qui forme le principal objet de ces deux Mé- « moires est fort intéressant. C'est un nouveau pas fait « dans la théorie des attractions des sphéroïdes ; l'analyse « en est très-savante, elle est d'ailleurs présentée avec beau- « coup d'élégance et de clarté, et elle annonce un talent « distingué dans son auteur. Nous pensons en conséquence « que ces Mémoires méritent l'approbation de l'Académie « et d'être imprimés dans le recueil des savants étrangers. »

Après les conclusions de leur rapport qui furent adoptées par l'Académie, les commissaires ajoutaient encore :

« Outre les deux Mémoires dont nous venons de rendre « compte à l'Académie, M. Legendre lui a présenté en dif« férents temps : des Mémoires sur la résolution des équa« tions indéterminées du second degré et sur les propriétés « des fractions continues; sur plusieurs problèmes de pro« babilités; sur la sommation des fractions continues et « sur la rotation des corps qui ne sont animés par aucune force accélératrice.

« Tous ces Mémoires ont été jugés dignes d'être imprimés « parmi ceux des savants étrangers.

« Enfin M. Legendre a remporté le prix proposé en der« nier lieu par l'Académie de Berlin sur la balistique ou le « mouvement des projectiles. »

Les rapporteurs faisaient incidemment de cette manière l'exposé complet des titres académiques de M. Legendre, et ce n'était pas sans intention, car il devait y avoir prochainement une élection dans la classe de mécanique.

Les procès-verbaux nous apprennent en effet que dans la séance suivante, celle du mercredi 19 mars (l'Académie se réunissait alors deux fois par semaine), MM. Coulomb, l'abbé Bossut, Le Roy et Cousin faisaient à leur tour un rapport sur deux Mémoires de M. Périer : le premier contenant la description d'une pompe à feu que celui-ci venait d'établir à Chaillot, pour élever les eaux de la Seine, d'après les principes de MM. Watt et Bolton; et le deuxième relatif à une seconde pompe à feu que le même ingénieur venait d'installer également dans ce lieu, mais d'après ses propres idées. Il s'agissait des pompes à feu de Chaillot, que tout le monde connaît encore aujourd'hui, et qui alors apparaissaient à la population parisienne comme une merveille d'un genre tout nouveau.

Les savants rapporteurs terminaient en disant : « Nous « croyons que les deux Mémoires dont nous rendons « compte, où l'auteur a décrit d'une manière simple et « claire une machine à feu de son invention, ainsi que celle « de MM. Watt et Bolton, méritent l'approbation de l'Aca- « démie et d'être imprimés dans le recueil des savants « étrangers. »

Dans cette séance, l'Académie entendait encore un rapport favorable de MM. Desmarest, Tillet, Coulomb et Monge, sur un Mémoire de M. Duhamel, correspondant de l'Académie et inspecteur général des mines, relatif à un nouvel instrument pour déterminer l'intersection des filons.

Le procès-verbal rapporte enfin que, dans cette même séance, Messieurs de la classe de mécanique ont présenté MM. Legendre, Meunier, Périer, Duhamel et Defer ; que les premières voix ont été pour M. Legendre et les deuxièmes pour M. Périer.

C'était ainsi que s'exprimaient à cette époque les votes de l'Académie, qui se composait de quatre espèces de membres : les honoraires, qui étaient peu nombreux aux séances, les pensionnaires, les associés et les adjoints auxquels s'ajoutaient quelquefois des adjoints surnuméraires.

Parmi les noms des académiciens qui prirent part au scrutin du 19 mars 1783, on remarque ceux de MM. Cassini, de Thury, d'Alembert, Lavoisier, Lalande, Daubenton, Borda, Bezout, le marquis de Condorcet, Bailly, Rochon, Monge, Berthollet, de Jussieu, Tessier, et de plusieurs autres savants célèbres, dont une partie ont siégé plus tard avec quelques-uns d'entre vous, Messieurs, sur les bancs de l'Institut.

Dans la séance du 2 avril, le secrétaire perpétuel (Condorcet) lisait la lettre suivante de M. Amelot, datée de Versailles le 30 mars 1783 :

« J'ai l'honneur de vous informer que le roi a nommé « M. Legendre à la place d'adjoint de l'Académie des « sciences, vacante dans la classe de mécanique, par la no- « mination de M. de Laplace à une place d'associé, et que « Sa Majesté a également jugé à propos de nommer « M. Périer à une place d'adjoint surnuméraire dans la « même classe. Je vous prie de vouloir bien en informer « l'Académie. »

J'ai supposé, Messieurs, qu'en remontant aux premiers et brillants succès de M. Legendre, il vous serait peut-être agréable de reporter aussi pour un moment votre pensée à la constitution et aux usages de l'ancienne Académie des sciences de Paris, dont les nôtres diffèrent à quelques égards, quoique sur beaucoup de points ils soient restés identiquement les mêmes.

Je me hâte de revenir aux travaux de M. Legendre, qui se succédèrent à de courts intervalles. Le 4 juillet 1784, il lut à l'Académie des *Recherches sur la figure des planètes*, dans lesquelles il touchait encore d'une manière heureuse à un sujet traité par M. de Laplace. D'illustres géomètres avaient reconnu que, lorsqu'une planète supposée fluide et homogène tourne sur elle-même, elle s'arrête à une figure ellipsoïdale légèrement aplatie aux deux pôles de rotation, et que, parmi les figures qu'on peut attribuer à la courbe méridienne, l'ellipse est une de celles qui satisfont à l'état d'équilibre; mais personne n'avait encore découvert que l'ellipse est la seule courbe qui satisfasse à la question. M. de

Laplace, dans son Mémoire de 1772, disait positivement qu'il n'osait assurer que cette figure fût la seule; qu'il faudrait pour cela connaître en termes finis l'intégrale complète de l'équation différentielle du problème, et qu'il n'avait pu encore l'obtenir. M. Legendre y parvint en se servant de la belle analyse de son Mémoire sur l'attraction des sphéroïdes, et il conclut que, si l'on suppose qu'une planète en équilibre ait la figure d'un solide de révolution peu différent d'une sphère et partagé en deux parties égales par son équateur, le méridien de cette planète sera nécessairement elliptique.

La proposition qui fait l'objet de ce Mémoire, dit-il dans une note, étant démontrée d'une manière beaucoup plus savante et plus générale dans un Mémoire que M. de Laplace a déjà publié dans le volume de 1782 (imprimé plus tard que sa date), je dois faire observer que la date de mon Mémoire est antérieure, et que la proposition qui paraît ici telle qu'elle a été lue en juin et juillet 1784, a donné lieu à M. de Laplace d'approfondir cette matière et d'en présenter aux géomètres une théorie complète.

D'autres grands géomètres ont aussi ajouté leurs découvertes à celles de M. Legendre, mais rien n'a effacé le mérite de ses deux Mémoires rédigés en 1782. Aussi M. Poisson disait-il, dans le savant et éloquent discours qu'il a prononcé le 10 janvier 1833 sur la tombe de M. Legendre : « La réduction en série dont il fit usage dans le premier « Mémoire, donna naissance à des théorèmes qu'on a éten- « dus ensuite, mais qui sont encore aujourd'hui la base de « la théorie à laquelle on s'est élevé. Dans le second, il « donna la seule solution directe encore connue jusqu'à

« présent du problème de la figure d'une planète homogène « et supposée fluide; et, bientôt après, il étendit ses recher- « ches au cas général d'une planète composée de couches « hétérogènes. »

Dans le cours de son Mémoire, M. Legendre trouve que le sphéroïde terrestre, qui est en équilibre lorsque les axes sont dans le rapport de 230 à 231, peut y être encore si on suppose les axes dans le rapport de 1 à 681, ce qui donne une figure assez étrange, mais qui rappelle l'anneau de Saturne. Il ajoute que d'Alembert a été le premier à remarquer qu'il peut y avoir plusieurs sphéroïdes elliptiques qui satisfassent à l'équilibre.

On voit par ces différents exemples quelle émulation existait entre ces beaux génies, d'Alembert, Lagrange, Laplace, Legendre; avec quelle rapidité leurs travaux se succédaient en se complétant mutuellement.

On peut encore remarquer que M. Legendre admet seulement d'une manière implicite que le sphéroïde est de révolution. L'équation trouvée par lui est celle de la courbe méridienne, et son analyse n'est contredite en rien par la découverte aussi curieuse qu'inattendue faite de nos jours presque simultanément par M. Liouville et par M. Jacobi, que l'ellipsoïde planétaire peut avoir ses trois axes inégaux et que l'équateur peut être lui-même une ellipse.

M. Legendre a repris ultérieurement les questions traitées dans ces deux premiers et mémorables Mémoires, notamment en 1790, dans la suite de ses recherches sur la figure des planètes; en 1789, dans un Mémoire sur les intégrales doubles où il complète l'analyse de son Mémoire sur l'attraction des sphéroïdes; et, plus tard encore, dans un Mé-

moire lu à l'Institut en 1812. Après avoir fait connaître, dans ce dernier, les perfectionnements apportés à ses précédents travaux sur cette matière par M. Biot, qui avait eu l'heureuse idée d'y appliquer une intégrale donnée par M. de Lagrange pour un autre objet, M. Legendre profite de la substitution découverte par M. Yvory pour présenter la théorie entière de l'attraction des ellipsoïdes homogènes avec toute la simplicité dont elle est susceptible.

Mais ces importants travaux étaient loin d'absorber entièrement M. Legendre, et la nature variée des Mémoires qu'il présentait fréquemment à l'Académie, et que je dois me borner ici à énumérer, montrait l'étendue de ses connaissances et l'étonnante fécondité de son esprit.

En 1785, il lut à l'Académie un grand Mémoire intitulé : *Recherches d'analyse indéterminée*, qui renferme de nombreuses propositions sur la théorie des nombres, et notamment le célèbre *théorème de réciprocité* connu sous le nom de *loi de Legendre*.

En 1786, un Mémoire sur la manière de distinguer les *maxima* des *minima* dans le calcul des variations. Puis deux Mémoires sur les intégrations par arcs d'ellipse, et sur la comparaison de ces arcs, Mémoires qui contiennent les premiers rudiments de sa *théorie des fonctions elliptiques*.

En 1787, un Mémoire sur l'intégration de quelques équations aux différences partielles. Par un simple changement de variables, M. Legendre y parvient rigoureusement à l'intégrale d'une équation que Monge n'avait intégrée que par un procédé tenant à quelques principes métaphysiques sur lesquels existaient encore certains doutes. En montrant que l'intégrale était exacte, M. Legendre contribua à consolider

la réputation de l'illustre auteur de l'application de l'analyse à la géométrie, dont le nom est aussi une des gloires caractéristiques de l'école mathématique française. Dans ce même Mémoire il donne par sa méthode les intégrales de plusieurs classes d'équations aux différences partielles d'ordres supérieurs; puis, étendant fort heureusement une idée de Lagrange pour l'intégration des équations non linéaires du premier ordre, il y distingue six cas d'intégrabilité qu'elles peuvent présenter.

En 1790, il lut encore un Mémoire sur les *intégrales particulières* des équations différentielles, dont il dit modestement que le principe et la démonstration ne sont que des conséquences très-faciles à déduire de la théorie que M. de Lagrange avait donnée dans les Mémoires de l'Académie de Berlin pour 1774. Il y établit que les intégrales particulières sont toujours comprises dans une expression finie où le nombre des constantes arbitraires est moindre que dans l'intégrale complète, préparant ainsi la voie au travail définitif que M. Poisson a publié depuis sur ce sujet.

Mais, à cette époque, M. Legendre était déjà engagé dans une autre série de recherches qui l'occupèrent à différentes reprises pendant un grand nombre d'années, et où ses travaux furent féconds en résultats importants.

En 1787, quelques doutes s'étant élevés sur la position respective des observatoires de Paris et de Greenwich, on résolut d'en lier les méridiens par une chaîne de triangles qui s'étendrait de l'un à l'autre point. L'Académie des Sciences chargea trois de ses membres, MM. Cassini, Méchain et Legendre, d'exécuter cette opération de concert avec le major-général Roy et plusieurs autres savants anglais.

On fit ces importants travaux avec tout le soin que l'état de la science comportait alors; on y employa un excellent quart de cercle exécuté par le célèbre artiste anglais Ramsden et le cercle répétiteur construit par Lenoir d'après les principes de Borda. M. Legendre calcula tous les triangles situés en France, et ensuite ceux même qui s'étendaient en Angleterre jusqu'à Greenwich. A cette occasion, il alla à Londres, où il fut accueilli avec la distinction qui lui était due, et nommé membre de la Société royale de Londres. Il publia à cette occasion dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1787 (imprimé en 1789), un important travail intitulé : *Mémoire sur les opérations trigonométriques dont les résultats dépendent de la figure de la terre;* il en expose lui-même l'objet dans les termes suivants, que je me permets seulement d'abréger :

Il n'est question ici que des opérations qui exigent une très-grande précision, telles que la mesure des degrés du méridien ou d'un parallèle, et la détermination géographique des principaux points d'une grande carte d'après les triangles qui les enchaînent. Ces sortes d'opérations pourront être portées désormais à un grand degré de précision au moyen du cercle entier (répétiteur). En effet, l'usage que nous avons fait de cet instrument, en 1787, nous a convaincus qu'il peut donner chaque angle d'un triangle à deux secondes près ou même plus exactement, si toutes les circonstances sont bien favorables. Il est donc nécessaire que les calculs établis sur de pareilles données ne leur soient pas inférieurs en exactitude; il faut tenir compte surtout de la réduction à l'horizon, qui monte assez souvent à plusieurs secondes; et de là naissent des triangles infiniment peu

courbes, dont le calcul exige des règles particulières; car, en les considérant comme rectilignes, on négligerait le petit excès de la somme des trois angles sur 180°, et en les considérant comme sphériques, les côtés seraient changés en très-petits arcs, dont le calcul ne serait ni exact ni commode par les tables ordinaires.

J'ai rassemblé dans ce Mémoire, continue M. Legendre, les formules nécessaires, tant pour la réduction et le calcul de ces sortes de triangles, que pour ce qui concerne la position des différents points d'une chaîne de triangles sur la surface du sphéroïde.

Il y a dans ces calculs, ajoute-t-il encore, quelques éléments susceptibles d'une légère incertitude... Pour ne faire le calcul qu'une fois, et pour juger d'un coup d'œil de l'influence des erreurs, j'ai supposé la valeur de chaque élément principal augmentée d'une quantité indéterminée qui en désigne la correction. Ces quantités littérales, qu'on regarde comme très-petites, n'empêchent pas de procéder au calcul par logarithmes de la manière accoutumée.

C'était une importante addition aux méthodes de calcul usitées jusque-là, et plus tard il y a ajouté encore la *méthode des moindres carrés*. Il donne dans ce Mémoire des formules pour la réduction d'un angle à l'horizon, ainsi que pour d'autres déterminations, et surtout l'important théorème connu sous le nom de *théorème de Legendre*, d'après lequel le calcul d'un triangle sphérique peu étendu se ramène à celui d'un triangle rectiligne, en soustrayant de chacun des trois angles le tiers de l'excès sphérique de leur somme, c'est-à-dire de la quantité peu considérable dont elle surpasse 180°. M. Legendre a ultérieurement démontré que ce théorème fondamental

s'applique également aux triangles sphéroïdiques, soit qu'ils soient tracés sur un ellipsoïde de révolution ou même sur un sphéroïde légèrement irrégulier.

Il s'occupe aussi, dans le même Mémoire, de la valeur des degrés du méridien dans le sphéroïde elliptique et de la détermination de la position respective de différents lieux déduite de la nature de la ligne la plus courte qu'on puisse tracer sur la surface de ce sphéroïde d'une extrémité à l'autre de la chaîne de triangles et des intersections de cette ligne avec les différents côtés des triangles ou avec leurs prolongations. Cette ligne dont M. Legendre a fait, à plusieurs reprises, jusque dans les dernières années de sa vie, et toujours avec succès, l'objet de ses recherches, porte le nom de *ligne géodésique;* sur l'ellipsoïde régulier elle est à double courbure, à moins qu'elle ne coïncide avec un méridien.

M. Legendre s'occupe enfin des opérations qui ont pour objet la mesure des degrés du méridien, et il termine par quelques réflexions théoriques et pratiques sur l'usage du cercle répétiteur de Borda dans les opérations délicates qui se rapportent à cet objet.

Ces réflexions étaient judicieuses; mais, au moment où il les écrivait, M. Legendre, frappé des progrès que la construction des instruments avait faits récemment, ne prévoyait pas ceux qu'elle était sur le point de faire encore. Ils furent tels qu'au bout de trente ans l'opération de 1787 se trouva inférieure par les mesures des angles et des bases, par l'observation des signaux de nuit, etc., à ce qui se faisait généralement en ce genre. De là il résulta que la liaison géodésique de Dunkerque et Greenwich dut être recommencée en 1817. Ce travail nouveau fut confié à MM. Arago

et Mathieu, associés au capitaine Kater et à d'autres savants anglais.

Ce qui subsista et subsistera toujours de l'opération de 1787, ce sont les formules et les théorèmes qu'elle fournit à M. Legendre l'occasion d'établir et qu'il développa et perfectionna encore dans la suite.

Son Mémoire était écrit dans la prévision d'applications nouvelles et plus étendues ; car on songeait dès lors à reprendre la mesure de la méridienne qui traverse la France du nord au sud et qui avait déjà été mesurée une première fois en 1739 et 1740 dans la grande et belle opération géodésique qui avait fourni les bases de la carte de Cassini.

En effet, l'Assemblée nationale ayant adopté le principe de l'établissement d'un nouveau système de poids et mesures, uniforme pour toute la France, un rapport fut fait à l'Académie des sciences le 19 mars 1791, par MM. Borda, Lagrange, Laplace, Monge et Condorcet, sur le choix d'une unité de mesures. Le rapport proposait, après une discussion approfondie, de prendre pour unité de mesure *le mètre,* qui serait la dix-millionième partie du quart du méridien, calculé d'après la longueur mesurée de l'arc compris entre Dunkerque et Barcelone.

Le rapport proposait en même temps l'exécution de différentes opérations préliminaires dont l'une des plus importantes serait de vérifier par de nouvelles observations la suite des triangles employés pour mesurer la méridienne (de Cassini) et de la prolonger jusqu'à Barcelone.

Plus tard il fut convenu que MM. Cassini, Méchain et Legendre, les mêmes qui avaient lié le méridien de Paris à

celui de Greenwich, seraient chargés de cette nouvelle opération.

Cependant M. Legendre ne fut pas compris dans le nombre des douze commissaires qui le 28 germinal an III (17 avril 1795) furent proposés à tous les travaux nécessaires pour fixer les bases du système métrique. Ces commissaires désignèrent parmi eux MM. Méchain et Delambre pour exécuter la mesure des angles, les observations astronomiques et la mesure des bases dépendantes de la méridienne, et ce furent eux, en effet, qui, dans des temps encore très-difficiles, eurent le mérite d'exécuter cette grande opération avec des moyens souvent fort restreints; mais, peu d'années après, on retrouve M. Legendre parmi les membres de la commission mixte, formée d'une réunion de savants français et étrangers, qui dut examiner et vérifier le travail entier. Tous les triangles étaient calculés séparément par quatre personnes opérant chacune suivant la méthode qu'elle préférait, MM. Trallès, Van Swinden, Legendre et Delambre, et les résultats n'étaient admis que lorsqu'il y avait entre les quatre calculs un accord satisfaisant. M. Legendre signa avec les autres commissaires le rapport fait à l'Institut national le 29 prairial an VII (17 juin 1799) sur les bases du système métrique, et il continua à prendre part à tous les calculs ultérieurs et aux diverses vérifications nécessitées par certaines discordances qui avaient été remarquées et par quelques doutes qui s'étaient élevés sur l'exactitude de plusieurs parties de l'opération. La méthode qu'il suivait était celle dont il avait posé les bases dans son Mémoire de 1787. En l'appliquant sur une aussi vaste échelle, il la perfectionna, la développa et donna un grand nombre

de théorèmes nouveaux amenant à des réductions plus rapides, à des formules plus commodes. Il lut à la première classe de l'Institut, le 3 mars 1806, un nouveau Mémoire intitulé : *Analyse des triangles tracés sur la surface d'un sphéroïde*, dans lequel il considère les triangles non plus comme décrits sur la sphère, mais comme décrits sur un sphéroïde. Il cherche et démontre les propriétés des lignes les plus courtes tracées à sa surface ; il étend, il généralise ainsi les nombreuses applications du théorème qui porte son nom, et, parcourant les principales opérations que peut offrir la géodésie, il en donne l'analyse la plus complète.

Il conclut qu'il ne doit plus rester aucun doute sur l'exactitude du calcul des triangles d'où on a déduit la distance des parallèles entre Dunkerque et Montjouy, près Barcelone, ainsi que la longueur du mètre ; mais il regarde comme établi que les résultats déduits de différentes chaînes de triangles ne s'accordent pas toujours exactement entre eux, à cause de certaines anomalies dans les latitudes et les azimuts qui peuvent être dues aux attractions locales.

A cette époque, en 1805, M. Legendre venait de publier, à la suite de ses nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes, un appendice sur la *méthode des moindres carrés*. Il y proposait cette méthode, qui a été généralement adoptée, pour tirer des mesures données par l'observation les résultats les plus exacts qu'elles soient susceptibles de fournir. M. de Laplace a démontré depuis qu'elle est la plus avantageuse dont on puisse faire usage dans la pratique. M. Legendre, après l'avoir développée, en faisait immédiatement l'application à la mesure des degrés de la méridienne de France, et il concluait, comme dans le mé-

moire géodésique, que les anomalies dans les latitudes ne doivent pas être attribuées aux observations, et tiennent vraisemblablement à des attractions locales qui agissent irrégulièrement sur le fil à plomb.

M. Gauss, en 1809, crut peut-être un moment avoir des droits à la priorité d'invention de la *méthode des moindres carrés ;* mais, si on ne peut contester qu'un savant aussi éminent ait eu la même idée que M. Legendre et l'ait même appliquée dans ses travaux, il est certain que M. Legendre avait trouvé la méthode de son côté et l'avait publiée le premier.

M. Legendre continua toujours, depuis lors, à faire partie de la commission des poids et mesures ; mais, quoique ses travaux de 1787 eussent fait de lui un homme nécessaire pour la grande opération que cette commission était chargée de mener à bonne fin, il avait cessé pendant quelque temps, ainsi que je l'ai déjà dit, d'y être attaché officiellement : c'était sous le règne de la Terreur.

Comme la plupart des savants de son époque, M. Legendre était favorable aux idées qui sont devenues la base de la société moderne ; mais il demeura étranger aux excès qui ensanglantèrent la révolution. Peut-être même sa verve caustique n'en ménagea-t-elle pas les auteurs. Pendant le fort de la tempête il fut obligé de se cacher. Ce fut une des circonstances les plus heureuses de sa vie ; car, dans la retraite qu'il trouva à Paris même, il fit la connaissance d'une jeune et gracieuse personne, *mademoiselle Marguerite-Claudine Couhin*, qu'il épousa peu de temps après et qui fit son bonheur pendant 40 ans.

Beaucoup plus jeune que son mari, elle prit une part efficace aux grands travaux de M. Legendre par le calme, les

soins attentifs et pleins de sollicitude dont elle sut l'entourer : elle se montra constamment un modèle d'instruction, de grâce et d'amabilité.

Cependant les orages révolutionnaires eux-mêmes n'avaient jamais interrompu les travaux de M. Legendre. En l'an II, vers la fin de 1793, il publiait un nouveau Mémoire sur les *transcendantes elliptiques* formant un volume in-4° de plus de cent pages ; mais, dans la paix de son heureuse retraite, ses idées s'étaient aussi reportées sur d'autres objets. L'ancien professeur de mathématiques de l'École militaire avait recommencé à s'occuper des *Éléments de géométrie.*

M. Legendre publia en 1794 la première édition de ses *Éléments*, ouvrage écrit avec une élégante simplicité et dans lequel toutes les propositions sont disposées dans un ordre simple et méthodique. L'auteur, se modelant sur Euclide, y ramène l'enseignement de la science à la sévérité de l'école grecque. En cela, sans y songer peut-être, il se mettait en harmonie avec son époque. L'architecture, abandonnant les formes contournées du règne de Louis XV, revenait de plus en plus à l'élégante simplicité du style grec. Peu d'années auparavant, notre grand peintre David avait inauguré, par son tableau des *Horaces*, une révolution complète dans la peinture, qui revenait aussi, à son exemple, à l'imitation des anciens. Aux yeux du public contemporain la tournure grecque des éléments de géométrie rehaussa encore leur incontestable mérite.

L'ouvrage fut bientôt au premier rang des livres classiques. En moins de trente ans il en fut publié quatorze éditions, dont la dernière a eu un grand nombre de tirages. Il en a été vendu en France plus de cent mille exemplaires. Les *Élé-*

h.

ments de géométrie de Legendre ont été reproduits dans les principales langues de l'Europe et ont même été traduits en arabe pour les écoles établies en Égypte par le vice-roi Méhémet-Ali.

L'auteur, préoccupé de la méthode d'Euclide, y a peut-être un peu abusé de la réduction à l'absurde, qui pourrait souvent être remplacée par des démonstrations plus faciles; mais son ouvrage a suscité une vigoureuse gymnastique intellectuelle qui a contribué à fortifier les études mathématiques, et l'influence en a été salutaire.

M. Legendre y démontre, d'une manière nouvelle, l'égalité de volume de deux polyèdres symétriques formés de faces planes égales, ajustés sous les mêmes angles, mais avec une disposition inverse, qui ne permet pas de les superposer.

Les premières éditions ne contenaient pas l'excellent traité de trigonométrie que l'auteur a ajouté aux éditions subséquentes. Il les a aussi enrichies de notes où il s'occupe d'une manière nouvelle de traiter analytiquement certaines parties de la géométrie ; où il démontre que les rapports de la circonférence au diamètre et à son carré sont des nombres irrationnels.

Le rapport de la circonférence au diamètre, étant un nombre irrationnel, n'est susceptible d'être exprimé exactement par aucune fraction, quelque grands que pussent être les nombres entiers qui en formeraient le numérateur et le dénominateur. De là résulte l'*impossibilité* de trouver jamais la quadrature du cercle, et c'est à la suite d'une proposition de M. Legendre, basée sur cette impossibilité démontrée, que l'Académie a renoncé à s'occuper d'un problème, dont l'im-

portance est en quelque sorte proverbiale parmi les personnes peu versées dans les mathématiques.

Mais, quel que fût le succès de ses *Éléments,* M. Legendre ne révoquait pas en doute qu'on en pût composer également de très-bons suivant d'autres méthodes, et il contribua lui-même, en 1802, à la publication d'une nouvelle édition des *Éléments de géométrie* de Clairaut, à laquelle il ajouta des notes tirées peut-être de ses cahiers de l'École militaire.

La géométrie doit encore à M. Legendre un moyen, démontré par lui directement, d'inscrire dans le cercle un polygone régulier de 17 côtés.

L'algèbre proprement dite lui est redevable, entre autres choses, de deux méthodes différentes pour la résolution des équations numériques, méthodes qui font connaître avec assez de rapidité toutes les racines réelles ou imaginaires de ces équations.

M. Legendre était tellement connu comme un habile calculateur, qu'on entreprenait rarement en France une grande série d'opérations numériques sans avoir recours à sa coopération. En 1787 on l'avait appelé à faire partie de la commission chargée de lier trigonométriquement Dunkerque à Greenwich. Par la même raison, M. de Prony, placé en l'an II (1794) à la tête du cadastre, ne crut pas pouvoir se passer longtemps de lui.

La division décimale du cercle, qu'on regardait alors comme un complément nécessaire du système métrique, exigeait de nouvelles tables trigonométriques. M. de Prony les fit construire avec une célérité incroyable, au moyen de la division du travail et par des procédés tout nouveaux qui lui permettaient d'employer les arithméticiens les moins

instruits. Le travail était préparé par une section d'analystes, présidée par M. Legendre, qui contribua beaucoup à faciliter l'opération en imaginant de nouvelles et très-heureuses formules pour déterminer les différences successives des sinus. Il ne restait aux autres sections que des additions à faire. Le travail de cet atelier de supputation produisit deux exemplaires des tables entièrement indépendants l'un de l'autre et se vérifiant mutuellement par leur identité. Ce monument, le plus vaste en son genre qui ait jamais été exécuté ou même conçu, n'a d'autre défaut, disait M. Delambre, que son immensité même, qui en a jusqu'ici retardé la publication.

Lorsque l'orage révolutionnaire commença à s'apaiser, l'un des premiers soins du gouvernement fut de réorganiser l'instruction publique; mais M. Legendre, soit qu'il fût en disgrâce auprès du pouvoir, soit pour tout autre motif, ne fut pas appelé à y concourir; son nom ne figure ni à la fin de 1794 parmi ceux des premiers professeurs de l'École polytechnique, ni en janvier 1795 sur la liste des professeurs des Écoles normales. Il ne fut pas compris non plus parmi les 48 savants que le gouvernement choisit pour former le noyau de l'Institut; mais ses confrères se hâtèrent, dès les premiers jours, de lui rendre justice en l'y appelant. Voici comment les choses se passèrent; c'est un fait que l'histoire peut enregistrer.

L'Académie des sciences ayant été supprimée par un décret de la Convention du 8 août 1793, l'Institut national, dont la première classe représentait cette Académie, fut établi par une loi du 5 fructidor an III (22 août 1795), et organisé par une seconde loi du 3 brumaire an IV (25 octobre 1795).

L'article 9 de cette loi portait : « Pour la formation de l'Institut national, le Directoire exécutif nommera quarante-huit membres qui éliront les quatre-vingt-seize autres. »

Vingt membres furent donc nommés par le Directoire le 15 frimaire an IV (6 décembre 1795), pour former le noyau de la première classe de l'Institut, deux pour chaque section : les deux membres de la section des mathématiques furent MM. Lagrange et Laplace.

Deux autres membres, MM. Borda et Bossut, furent élus dans la réunion du 18 frimaire an IV (9 décembre 1795), et enfin la section, qui devait se composer de six membres, fut complétée le 22 frimaire an IV (13 décembre 1795), par l'élection de MM. Legendre et Delambre.

M. Bossut figurait à juste titre sur cette liste pour ses travaux sur l'hydraulique ; MM. Borda et Delambre y entraient avec non moins de raison pour leurs importants travaux relatifs à la géodésie, aux mesures de précision et aux calculs astronomiques. MM. Lagrange, Laplace et Legendre y étaient essentiellement les représentants de la haute analyse, et, tant qu'ils vécurent, ils occupèrent les premières places parmi les géomètres de l'Institut. Tous les trois, jusqu'à leur mort, justifièrent ce rang glorieux par des travaux toujours dignes d'eux-mêmes et du corps illustre auquel ils s'empressaient de les communiquer.

M. Legendre a publié en 1805 de nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes, auxquelles il a ajouté en 1806 et en 1820 deux suppléments; dans les derniers temps de sa vie, il s'était procuré les observations les plus récentes des comètes à courtes périodes, comptant s'en servir pour appliquer et perfectionner encore ses pro-

cédés de calcul. Jusqu'à la publication de ses deux premiers Mémoires en 1805 et 1806, la question, dans son opinion, avait toujours été traitée d'une manière imparfaite et par de simples tâtonnements. Il pensa avoir indiqué le premier deux routes sûres pour arriver à la solution à la fois la plus simple et la plus exacte, savoir : la *Méthode des corrections indéterminées,* proposée déjà par lui en 1787, mais dont les applications avaient été peu nombreuses, et la *Méthode des moindres carrés*, qui paraissait alors pour la première fois. Cependant cette perfection analytique, à laquelle l'auteur a cherché à ajouter chaque fois qu'il a retouché ses formules, a paru aux astronomes plus que compensée par la longueur des calculs et par d'autres inconvénients. Ils préfèrent l'emploi des méthodes d'Olbers et de Gauss qui, en donnant peut-être une approximation moins certaine, la fournissent en tous cas plus rapidement.

En 1806, M. Legendre a publié encore, dans les Mémoires de l'Institut, une nouvelle formule pour réduire en distances vraies les distances apparentes de la lune au soleil ou à une étoile. Elle avait pour objet de simplifier et d'accélérer les travaux des astronomes praticiens.

Ces dernières publications étaient en quelque sorte des excursions que l'infatigable auteur faisait en dehors de la sphère habituelle de ses recherches; et, en voyant avec quelle promptitude et quelle facilité M. Legendre passait ainsi d'un sujet à un autre, on pourrait croire qu'il était complétement libre de l'emploi de son temps. Il trouvait cependant moyen, au milieu de ses travaux purement scientifiques, de concilier, avec ses devoirs d'académicien, ceux de plusieurs fonctions importantes.

Quelque temps après la création de l'École polytechnique, l'ancien lauréat du concours de balistique fut nommé examinateur de mathématiques, à la sortie, pour les élèves destinés à l'artillerie, et il continua à remplir ces honorables et délicates fonctions jusqu'en 1815, époque à laquelle il donna volontairement sa démission et fut remplacé par M. de Prony.

Lors de la création de l'Université, en 1808, M. Legendre en fut nommé conseiller titulaire.

A la mort de Lagrange, en 1812, il fut choisi pour le remplacer au Bureau des longitudes, en qualité de géomètre. Il vint s'y asseoir à côté de M. de Laplace, qu'il avait remplacé en 1783, comme membre adjoint de l'Académie des sciences, lorsque l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* était devenu membre associé. Ainsi, à vingt-neuf ans de distance, et dans des circonstances assurément bien différentes, on n'avait trouvé personne en France qui, par son mérite scientifique, fût plus naturellement appelé que M. Legendre à remplacer M. de Laplace ou M. de Lagrange.

Et c'était bien à son seul mérite que M. Legendre devait un choix si honorable pour lui-même et pour ceux qui l'avaient fait; on en jugera aisément par la petite anecdote suivante. Lors de la création de la Légion d'honneur, M. Legendre fut inscrit au nombre des chevaliers. Il s'empressa de consigner ce témoignage de sympathie pour ses travaux sur le frontispice de ses ouvrages; mais on assure que sa modestie naturelle l'empêcha, pendant longtemps, d'attacher le ruban rouge à sa boutonnière.

M. Legendre continua d'ailleurs, comme je l'ai déjà dit, à faire partie de la commission des poids et mesures aussi longtemps qu'elle exista, et plus d'une fois il fut nommé

membre d'autres commissions chargées d'objets importants.

Cependant, indépendamment de ces nombreuses occupations, de ces travaux si variés, tous empreints d'un caractère particulier de rigueur et de précision, par lesquels il prenait une large part au mouvement scientifique de son époque, M. Legendre avait encore des *dieux familiers* auxquels il sacrifiait toujours avec un nouveau plaisir dans le silence du cabinet. Je veux parler de la *Théorie des nombres* et des *Fonctions elliptiques*. M. Legendre y consacra, pendant les cinquante dernières années de sa vie, tous les loisirs que lui laissaient ses occupations journalières et ses travaux les plus apparents. Il a élevé ainsi deux monuments qui par leur étendue représentent, on n'en saurait douter, la meilleure partie de son temps, et qui, quoique ayant eu peu de lecteurs, et ne pouvant avoir que bien peu de juges, seront peut-être aux yeux de l'avenir deux de ses principaux titres de gloire.

La *Théorie des nombres* a paru en 1830, en deux volumes in-4°, après avoir été précédée à plusieurs reprises par des publications préliminaires. M. Legendre dit dans l'avertissement... « L'ouvrage ayant reçu tous les perfectionnements
« que l'auteur a pu lui donner, tant par ses propres tra-
« vaux que par ceux des autres géomètres dont il a pu pro-
« fiter, on a cru devoir lui donner définitivement le titre de
« *Théorie des nombres* au lieu de celui d'*Essai* sur cette
« théorie qu'il avait porté jusqu'à présent. »

L'*Essai sur la théorie des nombres* avait eu deux éditions, l'une en 1798 et l'autre en 1808 : cette dernière avait été suivie de deux suppléments. L'*Essai sur la théorie des nombres* avait été précédé lui-même par un grand travail

publié dans les Mémoires de l'Académie des sciences pour 1785, et intitulé : *Recherches d'analyse indéterminée;* lequel se rapporte principalement à l'étude des propriétés des nombres.

Enfin on trouve, dans les procès-verbaux manuscrits de l'Académie des sciences de Paris, déjà cités précédemment, que, parmi les Mémoires signalés par M. de Laplace à l'Académie, dans la séance du 15 mars 1783, comme lui ayant été déjà présentés en différents temps par M. Legendre, se trouvaient deux Mémoires sur la résolution des équations indéterminées du second degré et sur les propriétés des fractions continues, et un Mémoire sur la sommation de ces fractions. Or, d'après les objets dont ils traitent et même seulement d'après les titres qu'ils portent, ces Mémoires se rapprochent très-naturellement de certains paragraphes du grand Mémoire de 1785. Ils en étaient probablement les premiers rudiments. On voit par là que M. Legendre s'occupait de la théorie des nombres depuis sa jeunesse. Il y a travaillé pendant plus de cinquante ans. Il terminait pourtant l'avertissement de la *Théorie des nombres,* daté du 1er avril 1830, par les paroles suivantes qui sont assurément bien modestes... « On ne se dissimulera pas que quel-
« ques-unes des matières traitées dans cet ouvrage ont be-
« soin d'être perfectionnées ou même rectifiées par de nou-
« velles recherches. Cependant l'auteur a pensé qu'il valait
« mieux les laisser dans cet état d'imperfection que de les
« supprimer tout à fait; elles offriront un but de travail à
« ceux qui, dans la suite, voudront s'occuper de perfection-
« ner la science. »

Cette partie de la science a reçu en effet, depuis la publi-

cation de la *Théorie des nombres,* d'importants accroissements; mais, si on compare le contenu de ce savant ouvrage à ce qu'on avait découvert pendant les deux mille ans qui ont précédé l'année 1785, on voit qu'aucun savant n'a marqué son passage dans cette branche des mathématiques par une trace comparable à celle des efforts de M. Legendre. On ne peut s'étonner qu'une science qui n'a marché qu'à pas lents et progressifs entre les mains d'hommes aussi éminents qu'Euclide, Diophante, parmi les anciens, Viète, Bachet, Fermat, Euler, Lagrange, parmi les modernes, n'ait pas été amenée d'emblée à un état qui ne comportât plus aucun progrès. On doit, au contraire, s'empresser de reconnaître que M. Legendre, en parlant des développements nouveaux qu'elle recevrait bientôt encore, a fait preuve de perspicacité presque autant que de modestie.

La science des nombres est difficile, et il est difficile avant tout d'en donner une idée aux personnes qui ne s'en sont pas occupées. Tout le monde sait que les nombres se distinguent en deux grandes classes : les nombres pairs et les nombres impairs, qui se succèdent alternativement. Les nombres pairs sont divisibles par 2, tandis que les nombres impairs ne le sont pas, mais ils ont souvent d'autres diviseurs.

Les nombres entiers diffèrent beaucoup les uns des autres par la possibilité d'être divisés par d'autres nombres entiers plus petits. On a remarqué depuis longtemps que le nombre 10, base de notre système décimal, n'a que deux diviseurs, 2 et 5, dont le dernier n'est pas subdivisible, tandis que le nombre 8 a deux diviseurs, 2 et 4, dont le dernier est encore subdivisible par 2, et tandis que le nombre 12 a

trois diviseurs 2, 3 et 4, dont le dernier est encore subdivisible par 2; d'où il suit que le nombre 8 et surtout le nombre 12 ont, comme base d'un système de mesures propres à se subdiviser successivement, une supériorité incontestable sur le nombre 10. Cette infériorité du nombre 10 est un des obstacles à l'adoption générale du système décimal des poids et mesures qui présente sous d'autres rapports de si grands avantages.

Mais le nombre 10 est plus favorisé à cet égard que le nombre 9 divisible par le seul nombre 3 dont il est le carré. Il l'est beaucoup plus surtout que les nombres 3, 5, 7, 11, 13, 17, qui n'ont pas de diviseurs, ou, pour parler le langage de la science, qui n'ont d'autres diviseurs qu'eux-mêmes et l'unité. Le nombre 7 qui énumère les sept jours de la semaine, les sept merveilles du monde, les sept sages de la Grèce, passe pour avoir un certain degré d'excellence; mais le nombre 13 comme le nombre 17 passent pour de mauvais nombres, en raison peut-être de cette absence de diviseurs qui les rend en quelque sorte réfractaires. Tous ces nombres, qui n'ont d'autres diviseurs qu'eux-mêmes et l'unité, sont ce qu'on appelle des *nombres premiers*. Il y a des nombres premiers de toutes les grandeurs; mais, quand des nombres sont un peu grands, il n'est pas facile de découvrir immédiatement s'ils sont premiers ou ne le sont pas.

Les nombres premiers sont répartis parmi les nombres impairs avec une apparente irrégularité qui cependant est sujette à certaines lois. La recherche des nombres premiers, la détermination de la quantité qui en existe dans un intervalle donné de l'échelle numérique, sont un des objets de la théorie des nombres.

Les nombres peuvent se ranger par séries dans chacune desquelles on remarque l'existence constante de certaines propriétés ; tels sont les nombres triangulaires 1, 3, 6, 10, 15... exprimant chacun un nombre d'unités qu'on peut ranger en triangle ; les nombres quadratiques 1, 4, 9, 16, 25, qui correspondent de même à une ordonnance en carré; les nombres polygones, pyramidaux, etc...; et ces séries donnent lieu à des combinaisons plus ou moins curieuses.

Certains nombres sont les carrés d'autres plus petits, comme 4 carré de 2, 9 carré de 3, etc...; d'autres comme 8, 13, 18, sont la somme de deux carrés ; d'autres encore sont, comme 17, par exemple, la somme de trois carrés. Lagrange et Euler ont prouvé qu'*il n'y a pas de nombre qui ne soit la somme de quatre ou d'un moindre nombre de carrés.*

Ces propriétés et bien d'autres se remarquent d'abord sur des exemples pris parmi des nombres peu considérables; puis on est curieux de les suivre parmi des nombres plus grands et de savoir si elles sont générales ou non. De là des recherches souvent très-difficiles et qui piquent vivement la curiosité. La conclusion finale se dérobe d'autant plus longtemps que souvent il n'existe pas encore dans la science de règle pour la chercher : c'est une proie qui échappe longtemps au chasseur.

Certaines propriétés des nombres, qu'on voit apparaître à l'improviste dans leurs combinaisons, ont quelque chose d'énigmatique et de saisissant, qui a souvent paru tenir du mystère. De là les vertus que les nécromanciens ont cru trouver dans les nombres cabalistiques, vertus qui sont à peu près à la théorie des nombres ce que l'astrologie est à l'astronomie.

Il est à croire, dit M. Legendre, qu'Euler avait un goût particulier pour la science des nombres et qu'il se livrait à ce genre de recherches avec une sorte de passion, comme il arrive, ajoute-t-il, à presque tous ceux qui s'en occupent, et il est clair que M. Legendre lui-même ne faisait pas exception à cette remarque.

Les premières recherches de M. Legendre sur les nombres, contenues dans son grand Mémoire de 1785, firent suite directement à celles d'Euler et de Lagrange qu'elles étendirent et développèrent en plusieurs points importants; mais M. Legendre consigna aussi dans ce travail plusieurs découvertes entièrement nouvelles et particulièrement le *théorème de réciprocité,* connu aussi sous le nom de *loi de Legendre*, l'une des lois les plus fécondes de la théorie des nombres.

Ce théorème, plus facile à exprimer en langage algébrique qu'en langage ordinaire, consiste en ce que deux nombres premiers m et n étant donnés, si on élève m à la puissance n moins 1 divisé par 2 et qu'on divise le résultat par n, puis n à la puissance m moins 1 divisé par 2 et qu'on divise le résultat par m, les restes des deux divisions, qui pourront toujours être exprimés par plus 1 ou moins 1, seront tous les deux de même signe, ou bien de signe contraire, dans certains cas déterminés; résultat qui a trouvé et qui trouve chaque jour de nombreuses applications dans les recherches relatives aux propriétés des nombres.

M. Legendre, en reproduisant dans les éditions successives de la théorie des nombres la démonstration de ce théorème telle qu'il l'avait donnée en 1785, a reconnu que dans un cas déterminé elle présente une lacune sans que le théorème cependant ait jamais été trouvé en défaut.

M. Gauss, que ses *Disquisitiones arithmeticæ,* publiées en 1801, avaient placé lui-même au premier rang parmi les savants qui se sont occupés de la théorie des nombres, donna du théorème de réciprocité une démonstration qui ne laissait rien à désirer. M. Legendre l'a reproduite dans sa théorie des nombres en 1830, en observant qu'elle est d'autant plus remarquable qu'elle repose sur les principes les plus élémentaires, et en a exposé en même temps une autre plus simple, trouvée par M. Jacobi. Plus récemment M. Liouville et d'autres géomètres éminents ont encore donné d'autres démonstrations de la même loi.

L'exactitude de la *loi de Legendre* est donc surabondamment démontrée; mais ici l'inventeur a laissé à ceux qui l'ont suivi le privilége de *compléter* sa découverte.

Cette circonstance rappelle, quoique de loin, le sort des théorèmes remarquables sur les nombres que Fermat a laissés sans démonstration; tous, excepté un seul, ont été démontrés, un siècle et demi après la mort de leur auteur, par Euler, par Lagrange, par Legendre; celui-ci, le dernier théorème de Fermat, sans avoir jamais été trouvé en défaut, attend encore une démonstration, quoique l'Académie, dans ces dernières années, l'ait plusieurs fois proposé comme sujet de prix à l'émulation des géomètres.

Mais si M. Legendre se complaisait comme Euler dans les combinaisons si ardues en apparence de la théorie des nombres, comme Euler aussi il excellait dans la recherche des intégrales des quantités différentielles, recherche qui n'est dirigée elle-même par aucune règle certaine, et dans laquelle on n'est conduit au résultat que par une certaine prévision intuitive des combinaisons, et des réductions qui

pourront s'opérer dans les formules et dans les chiffres. Les plus belles intégrales paraissent souvent avoir été trouvées par hasard; toutefois, comme le disait M. Legendre, en parlant d'Euler, ce sont *des hasards qui n'arrivent jamais qu'à ceux qui savent les faire naître.*

Cette remarque, insuffisante sans doute pour faire comprendre comment on intègre une expression différentielle, permettra peut-être de concevoir comment on peut se piquer à ce jeu, de même qu'à celui des propriétés des nombres, et comment ces deux genres de recherches, qui semblent mettre en éveil des facultés de l'esprit assez analogues, étaient les deux passions dominantes d'Euler et de M. Legendre.

Une quantité différentielle donnée par un problème de géométrie, de mécanique, de physique, ne correspond pas toujours à une expression analytique existante dans la science, et, afin de ne pas laisser certains problèmes sans solution, on dut songer à enrichir l'analyse de nouvelles fonctions. Après avoir épuisé les expressions purement algébriques, on parvint à intégrer un grand nombre de différentielles par le seul secours des arcs de cercle et des logarithmes qui sont les plus simples des quantités transcendantes; mais, pour étendre plus loin encore les applications du calcul intégral, il fallait nécessairement avoir recours à des transcendantes plus composées.

Euler pensa qu'au lieu de se borner au cercle, on pourrait considérer les autres courbes du second degré, notamment l'ellipse et l'hyperbole, et dresser à leur égard des tables analogues aux tables de logarithmes et à celles des fonctions circulaires. Par une de ces heureuses combinaisons qui

semblent une faveur de la fortune, il trouva sous une forme purement algébrique l'intégrale complète d'une équation différentielle composée de deux termes séparés, mais semblables, dont chacun n'est intégrable que par des arcs de sections coniques.

Cette découverte importante conduisit l'illustre géomètre à comparer d'une manière plus générale qu'on ne l'avait fait avant lui, non-seulement les arcs d'une même ellipse ou d'une même hyperbole, mais en général toutes les transcendantes dont la différentielle se rapproche de celles de ces deux courbes, en ce qu'elle présente comme elles une fonction algébrique rationnelle de la variable divisée par la racine carrée d'un polynôme algébrique du quatrième degré.

Un des résultats de cette comparaison fut que l'intégration par arcs d'hyperbole peut toujours se ramener à l'intégration par arcs d'ellipse.

Euler prévit dès ce moment qu'à l'aide d'une notation convenable, le calcul des arcs d'ellipse et autres transcendantes analogues pourrait devenir d'un usage presque aussi général que celui des arcs de cercle et des logarithmes; mais si on excepte le géomètre anglais Landen, qui dans un Mémoire de 1775 démontra que *tout arc d'hyperbole se rectifie immédiatement par le moyen de deux arcs d'ellipse,* personne, excepté M. Legendre, ne se mit en devoir de réaliser la prévision d'Euler; et on peut dire que notre savant confrère est resté seul à s'occuper de cette matière depuis l'année 1786, où il a publié ses premières recherches sur les intégrations par arcs d'ellipse, jusqu'à l'année 1825 où parut son *Traité des fonctions elliptiques.*

Les arcs d'ellipse, étant après les arcs de cercle et les logarithmes une des transcendantes les plus simples, pouvaient devenir en quelque sorte un nouvel instrument de calcul, si une fois on était familiarisé avec leurs propriétés et que l'on eût des moyens faciles de les calculer avec précision. M. Legendre aborda cet important sujet dans deux Mémoires insérés dans le volume de l'Académie des Sciences pour 1786. Dans l'un et dans l'autre l'auteur démontre, par des moyens qui lui sont propres, que la rectification de l'hyperbole dépend de celle de l'ellipse et n'offre point une transcendante particulière, et dans le second il fait voir que, dans une suite infinie d'ellipses formées d'après une même loi, on peut réduire la rectification d'une de ces ellipses à celle de deux autres prises à volonté dans la même suite. C'était, dit-il modestement ailleurs, un pas de plus dans une carrière difficile.

Dans le premier Mémoire, M. Legendre donne des séries convergentes propres à calculer facilement la longueur d'un arc d'ellipse, soit dans le cas où l'ellipse peu excentrique se rapproche du cercle, soit dans celui où, très-allongée, elle s'éloigne peu de son grand axe ; et dans le second, il ajoute : « Si le zèle de quelques calculateurs pouvait nous fournir « des tables d'arcs d'ellipse pour différents degrés d'amplitude et d'excentricité, et que chaque arc fût accompagné « du coefficient de sa différence partielle, on serait en état « d'intégrer par ces tables un très-grand nombre de différentielles et notamment toutes celles que MM. d'Alembert « et Euler ont ramenées aux arcs des sections coniques. » M. Legendre avait alors trente-quatre ans ; il ne savait pas qu'il lui serait donné de travailler jusqu'à quatre-vingts ans,

et que, lui-même et à lui seul, il accomplirait la tâche dont il traçait ainsi le programme.

Dans le cours de ces deux Mémoires, et particulièrement vers la fin du second, M. Legendre se plaît à rendre un juste hommage aux savants géomètres (Euler, Landen, Fagnani) qui, avant lui, avaient démontré d'une autre manière une partie des théorèmes dont ils sont remplis avec une sorte de profusion. Mais, dans les publications déjà si remarquables de 1786, ces magnifiques matériaux ne formaient pas encore un édifice, et M. Legendre ne tarda pas à sentir que cette matière, et en général la théorie des transcendantes dont la différentielle rentrait dans la forme déjà indiquée, demandait à être traitée d'une manière plus méthodique et plus approfondie. Il essaya de le faire dans un *Mémoire sur les transcendantes elliptiques* lu par lui à l'Académie des Sciences en avril 1792 et publié vers la fin de 1793 (en l'an II), dans lequel il se proposa de comparer entre elles toutes les transcendantes dont il s'agit, de les classer en différentes espèces, de réduire chacune d'elles à la forme la plus simple dont elle est susceptible, de les évaluer par les approximations les plus promptes et les plus faciles; enfin de former de l'ensemble de cette théorie une sorte d'algorithme qui pût servir à étendre le domaine de l'analyse.

Reprenant dans sa forme algébrique la plus générale la différentielle déjà indiquée comme point de départ de ce genre de recherches, il la dégrossit avec une adresse infinie, met de côté toutes les parties qui s'intègrent soit par des quantités purement algébriques, soit par des arcs de cercle ou des logarithmes, et la réduit ainsi à sa quintessence, c'est-à-dire aux parties dont les intégrales sont les transcen-

dantes d'un ordre supérieur. Transformant ensuite ce résidu au moyen des fonctions circulaires, il le réduit à une forme d'une merveilleuse simplicité ne renfermant que cinq quantités : un arc de cercle désigné sous le nom d'*amplitude,* nul au point où commence l'intégrale et se développant à mesure qu'elle s'étend ; un *module* toujours réel et plus petit que l'unité qui, dans le cas où il s'agit d'une ellipse, en représente l'excentricité ; un *paramètre* d'une grandeur quelconque, positif ou négatif, pouvant se réduire à zéro, mais auquel il serait inutile d'attribuer des valeurs imaginaires; enfin deux coefficients dont les valeurs indépendantes de tout le reste peuvent être quelconques pourvu qu'elles ne soient pas nulles simultanément. L'amplitude est la variable par rapport à laquelle se fait l'intégration, elle n'est nulle qu'au point de départ de l'intégrale. Le module ne peut être nul sans que l'expression soit complétement dénaturée, mais les trois autres quantités peuvent être nulles indépendamment les unes des autres, ou remplir dans leurs rapports de grandeurs certaines conditions d'après lesquelles les transcendantes elliptiques se divisent en trois classes.

La seconde classe est la seule qui représente des arcs d'ellipse.

La première classe est une transcendante plus simple que les arcs d'ellipse ; on peut l'exprimer elle-même au moyen de pareils arcs, mais on ne peut exprimer un arc d'ellipse par des transcendantes de cette première classe.

La troisième classe, au contraire, la seule dans laquelle le paramètre n'est pas nul, est plus composée que les arcs d'ellipse.

La gradation qui existe dans la complexité de ces trois classes de transcendantes se manifeste notamment par cette circonstance, que les transcendantes de la première espèce peuvent se réunir par addition et soustraction de manière à former une somme constamment nulle.

Les transcendantes de la seconde espèce peuvent se réunir de même, de manière à former une somme dont la valeur s'exprime en termes purement algébriques, comme la célèbre intégrale d'Euler rappelée précédemment.

Enfin, les transcendantes de la troisième espèce peuvent encore se réunir pour former une somme dont la valeur, sans être nulle, ni même algébrique, est cependant encore d'une nature plus simple que chacune des premières en particulier, car elle peut s'exprimer par des arcs de cercle et des logarithmes, qui sont les transcendantes les plus simples.

Ces différences et plusieurs autres qui existent entre les trois espèces de *transcendantes elliptiques* suffisent pour motiver la division établie par M. Legendre; mais elles laissent en même temps apercevoir entre toutes ces transcendantes une analogie profonde qui justifie leur réunion sous une même dénomination.

La première et la seconde espèce peuvent être exprimées par des arcs d'ellipse; la troisième est la plus composée, mais elle a tant d'analogie avec les deux autres qu'on peut les regarder toutes trois comme ne formant qu'un même ordre de transcendantes, le premier après les arcs de cercle et les logarithmes.

Ainsi, dit ailleurs M. Legendre, la dénomination de *fonction elliptique* est impropre à quelques égards; mais nous l'adoptons néanmoins à cause de la grande analogie qu'on

trouve entre les propriétés de cette fonction et celles des arcs d'ellipse.

M. Legendre reprit ces questions avec plusieurs autres dans un grand ouvrage en trois volumes in-4° qu'il publia en 1811, 1816 et 1817, sous le titre d'*Exercices de calcul intégral sur divers ordres de transcendantes et sur les quadratures*. Dans cet ouvrage, dont une partie était consacrée à deux classes d'intégrales définies auxquelles M. Legendre a donné le nom d'*intégrales eulériennes*, il s'occupait aussi d'un grand nombre de questions de calcul intégral dans le détail desquelles il serait difficile d'entrer ici ; mais la partie la plus étendue et en même temps la plus importante à ses yeux était celle qui traitait des fonctions elliptiques, de leur application à différents problèmes de géométrie et de mécanique, et de la construction des tables nécessaires pour l'usage de ces fonctions.

Enfin, en 1825 et 1826, M. Legendre réunit de nouveau tous ses résultats, avec les développements et les perfectionnements qu'un travail incessant lui avait permis d'y apporter, dans l'ouvrage intitulé : *Théorie des fonctions elliptiques;* il en parut d'abord deux volumes destinés à être suivis plus tard de trois suppléments qui constituèrent le tome troisième et dernier.

Parmi les améliorations que M. Legendre apporta à son précédent travail lorsqu'il le publia de nouveau en 1825, l'une des principales était la découverte d'une seconde échelle de modules différente de celle qui était seule connue lors de la publication des exercices de calcul intégral. « La « seconde échelle dont il s'agit, dit M. Legendre, dans le « trente et unième chapitre du tome premier, complétait, à

« beaucoup d'égards, les travaux de l'auteur dans cette « théorie ; elle offrait une route facile pour parvenir à plu- « sieurs beaux résultats d'analyse, qu'il n'avait pu démon- « trer jusque-là que par des intégrations très-laborieuses.

« Par la combinaison des deux échelles, on pouvait mul- « tiplier d'une manière prodigieuse les transformations des « fonctions de la première espèce ; ce que l'auteur a rendu « sensible en construisant une sorte de damier, infini dans ses « deux dimensions, dont toutes les cases pouvaient être « remplies par les diverses transformations dont est suscep- « tible une seule et même fonction. »

Le développement des propriétés et des usages des fonctions elliptiques considérées avec cette généralité composait tout le premier volume de la publication de 1825. Le deuxième était en partie consacré aux tables destinées à faciliter la conversion en chiffres des intégrales obtenues. Calculées par l'auteur lui-même avec la plus grande précision, ces tables constituaient à elles seules un travail immense ; et par leur moyen, disait M. Legendre, la théorie des *fonctions elliptiques*, agrandie et à peu près complétée par un grand nombre de travaux successifs, pouvait être appliquée avec presque autant de facilité que celles des fonctions circulaires et logarithmiques, conformément aux vœux et aux espérances d'Euler.

Après les développements que la théorie des fonctions elliptiques avait reçus par la découverte de la seconde échelle de modules, il ne paraissait guère probable qu'on pût aller plus loin ; mais la fécondité des méthodes créées par M. Legendre était telle que bientôt ce qu'on n'avait osé espérer se trouva réalisé, et voici en quels termes M. Legendre parle

de cet événement, au début du troisième volume, dans l'avertissement que je transcris en l'abrégeant :

« Un jeune géomètre, *M. Jacobi,* de Kœnigsberg, qui « n'avait pu avoir connaissance du traité des fonctions ellip- « tiques..., était parvenu, par ses propres recherches, à dé- « couvrir non-seulement la seconde échelle dont nous venons « de parler, qui se rapporte au nombre 3, mais une troi- « sième qui se rapporte au nombre 5, et il avait acquis déjà « la certitude qu'il doit en exister une semblable pour tout « nombre impair proposé... Ce théorème étant établi pour « tout nombre impair, il fut aisé d'en conclure que, pour « chaque nombre entier ou seulement rationnel, on peut « former une échelle particulière de modules qui donnera « lieu à une infinité de transformations d'une même fonction « de première espèce, lesquelles seront toutes déterminables « algébriquement... Les espérances que les premiers succès « de M. Jacobi avaient fait concevoir ont été justifiées depuis « par de nouvelles publications.....

« Il nous reste à parler, continue M. Legendre, des belles « recherches sur la même matière que *M. Abel*, de Chris- « tiania, digne émule de M. Jacobi, a fait paraître presque « en même temps. Le premier Mémoire de M. Abel forme « déjà une théorie presque complète des fonctions elliptiques « considérées sous le point de vue le plus général... Un « second Mémoire de M. Abel offre des résultats très-re- « marquables : 1° sur la division de la fonction particulière, « dont le module est sin. 45°, laquelle représente des arcs « de lemniscate ; 2° sur la transformation générale des fonc- « tions de la première espèce, ce qui donne lieu, dit l'au- « teur, de démontrer d'une manière très-simple et très-

« directe les deux théorèmes généraux, précédemment pu-
« bliés ou annoncés par M. Jacobi.

« Nous n'entrerons pas dans d'autres détails, dit en ter-
« minant M. Legendre, sur les travaux de ces deux jeunes
« géomètres, dont les talents se sont annoncés avec tant
« d'éclat dans le monde savant. On conçoit maintenant que
« l'auteur de ce traité a dû applaudir vivement à des dé-
« couvertes qui perfectionnaient beaucoup la branche d'a-
« nalyse dont il est en quelque sorte le créateur. Il a formé
« dès lors le projet d'enrichir son ouvrage d'une partie de
« ces nouvelles découvertes, en les présentant sous le point
« de vue le plus simple et le mieux coordonné à ses propres
« idées. Tel est l'objet des deux suppléments qui suivent,
« et de ceux que l'auteur pourra peut-être y joindre, par la
« suite, pour en former le tome III de son traité. »

On a rarement rendu une justice aussi éclatante à des continuateurs dignes dès leur début d'être comptés comme des émules; mais M. Legendre ajouta encore à cette justice par la grâce partant du cœur avec laquelle il reporta sur ses jeunes disciples, qui firent la joie de ses derniers jours, sa tendresse paternelle pour la théorie qu'il avait créée et développée seul pendant plus de quarante ans. Les personnes qui assistaient à cette époque aux séances de l'Académie des Sciences n'ont pas oublié la naïve effusion, l'expansion toute cordiale de M. Legendre, s'empressant de communiquer à ses confrères les premières lettres qu'il reçut sur un sujet si intéressant pour la science et pour lui-même. On put dire que les fonctions elliptiques ne feraient pas moins d'honneur à la noblesse de ses sentiments qu'à la profondeur de son génie.

La réflexion ne modifia pas cette première impression, et

M. Legendre conclut par le paragraphe suivant le troisième supplément à la *Théorie des fonctions elliptiques*, qui est la fin de ce vaste travail : « Nous terminerons ici les additions « que nous nous étions proposé de faire à notre ouvrage, en « profitant des découvertes récentes de MM. Abel et Jacobi « dans la théorie des fonctions elliptiques. On remarquera « que la plus importante de ces additions consiste dans la « nouvelle branche d'analyse que nous avons déduite du « théorème de M. Abel, et qui était restée jusqu'ici tout à « fait inconnue aux géomètres. Cette branche d'analyse, à « laquelle nous avons donné le nom de *théorie des fonctions* « *ultra-elliptiques*, est infiniment plus étendue que celle des « fonctions elliptiques avec laquelle elle a des rapports « très-intimes; elle se compose d'un nombre indéfini de « classes qui se divisent chacune en trois espèces, comme « les fonctions elliptiques, et qui ont d'ailleurs un grand « nombre de propriétés. Nous n'avons pu qu'effleurer cette « matière; mais on peut croire qu'elle s'enrichira progres- « sivement par les travaux des géomètres, et qu'elle finira « par former une des plus belles parties de l'analyse des « transcendantes. »

Ces lignes, datées du 4 mars 1832, ont été en quelque sorte le testament scientifique de M. Legendre, qui est mort moins d'un an après. M. Abel, l'une de ses plus grandes espérances, était descendu dans la tombe prématurément plusieurs années avant lui; M. Jacobi a succombé lui-même en 1849; mais les prévisions de M. Legendre n'en ont pas moins été déjà réalisées tant par les travaux mêmes de M. Jacobi que par ceux de nos savants confrères MM. Liouville et Hermite, et d'autres illustres géomètres.

k.

J'aurais encore à parler des importants travaux publiés par M. Legendre sur les *intégrales* nommées par lui *eulériennes*, du nom d'Euler, qui s'en était occupé le premier, travaux qui tiennent une grande place dans ses exercices de calcul intégral, et qu'il a en partie reproduits en les perfectionnant dans le second volume de sa théorie des fonctions elliptiques. J'aurais à montrer aussi comment, parallèlement à l'emploi des *transcendantes elliptiques*, il a ouvert la voie à la réalisation numérique d'une vaste classe d'intégrales par les tables qu'il a données pour calculer la nouvelle transcendante, désignée par lui sous le nom de fonction *grand gamma;* mais, quoique M. Binet ait prouvé que des travaux accessoires à ceux que M. Legendre a publiés sur ces seules matières peuvent former un titre considérable pour un géomètre distingué, je craindrais, Messieurs, en m'étendant davantage sur ce sujet, de fatiguer trop longtemps votre attention.

Comme Euler, son modèle, et comme plusieurs autres des grands géomètres qui l'ont précédé, M. Legendre a travaillé jusqu'à ses derniers jours sans avoir connu le regret de sentir ses facultés s'affaiblir. Le dernier des volumes de nos Mémoires, publiés avant sa mort, renferme encore un travail de lui sur une question difficile de la théorie des nombres. Il avait alors quatre-vingts ans.

Une si belle organisation ne devait pas se briser sans de cruels déchirements.

La maladie qui a terminé les jours de M. Legendre a été longue et douloureuse; mais il en a supporté les souffrances avec courage, sans se faire illusion sur leur fatale issue et avec une résignation que devaient lui rendre bien difficile,

disait sur sa tombe M. Poisson, le bonheur qu'il trouvait dans son intérieur, les soins et les vœux dont il était entouré. Toujours plein d'abnégation, il avait souvent exprimé le désir qu'en parlant de lui on ne fît mention que de ses travaux ; mais le même silence n'est pas dû aux belles actions que la fidèle compagne de sa vie, dépositaire de ses pensées et de ses projets, continua à faire en son nom après sa mort.

M. Legendre n'avait pas oublié ce que dans sa jeunesse il avait dû aux savants estimables qui avaient deviné et favorisé ses précoces dispositions. Madame Legendre continua les témoignages d'intérêt qu'il avait souvent donnés à des élèves de l'École polytechnique peu favorisés des dons de la fortune, et elle paya successivement la pension de plusieurs d'entre eux.

Restée en possession des dernières éditions de ceux des ouvrages de M. Legendre qui avaient été imprimés à ses frais, elle mit le plus grand soin à les écouler rapidement, afin qu'ils servissent le plus promptement possible aux progrès de la science. Désirant qu'on les trouvât dans les principales bibliothèques de France, elle donna gratuitement au Ministère de l'instruction publique en 1855, un an avant sa mort, 40 exemplaires de la Théorie des fonctions elliptiques, don pour lequel un digne ministre, M. Fortoul, lui adressa des remercîments au nom de l'État.

Lorsqu'elle mourut elle-même, le 28 décembre 1856, elle légua à la commune d'Auteuil, pour qu'elle en fît un presbytère et une maison d'école, la dernière maison de campagne dans laquelle elle avait habité avec M. Legendre.

Pleine d'attachement et d'admiration pour la mémoire

de celui dont elle fut heureuse et fière de porter le nom pendant soixante-quatre ans, elle avait voué un véritable culte à sa mémoire, et elle avait conservé jusqu'à ses derniers jours un respect naïf et religieux pour tout ce qui lui avait appartenu.

Ayant survécu à M. Legendre pendant vingt-cinq ans, elle mourut un peu plus âgée que lui, des effets d'une longue et cruelle maladie contre laquelle elle déploya la force et la résignation dont M. Legendre lui avait donné le noble et religieux exemple.

Elle avait perdu toute sa famille, alliée à celle de notre célèbre peintre Robert-Lefèvre, et, n'ayant jamais eu d'enfants, elle s'éteignit à quatre-vingt-deux ans, entourée des soins pieux des personnes que les grâces de son esprit et sa constante amabilité réunissaient habituellement autour d'elle et qui ont conservé à sa mémoire un attachement filial.

Avec elle disparut complétement un nom dont la France ne cessera jamais de s'honorer.

Lagrange a été le réformateur de l'analyse. En rendant plus évidentes quelques-unes des bases de cette science, il lui a donné plus de force en même temps que par ses immortelles découvertes il en a étendu le domaine. Un de nos plus grands géomètres s'est plu à célébrer la perfection de son style analytique. Pures et faciles comme les vers de Racine, les formules de Lagrange ont augmenté le nombre des adeptes de la science en même temps qu'elles ont facilité leurs travaux.

Laplace, en appliquant aux lois de l'univers les facultés d'un géomètre de premier ordre, est devenu le législateur des mouvements célestes. Par les vastes conquêtes qu'il a

faites sur la nature, il a mérité d'être appelé le Newton de la France.

Legendre, plus profond que populaire, a été notre Euler ; comme Euler et à son exemple, il a légué à l'avenir une foule de ces résultats analytiques que le génie seul sait obtenir et qui enrichissent pour toujours le domaine de l'esprit humain.

Clairault, *d'Alembert*, *Euler*, ont été les continuateurs de *Newton* et de *Leibnitz*.

Après eux *Lagrange*, *Laplace*, *Legendre*, ont tenu d'une main non moins sûre le sceptre des mathématiques.

Vous avez compté dans vos rangs, Messieurs, et vous y comptez encore aujourd'hui plusieurs des successeurs de ces grands hommes.

NOTES.

Page xli. *Son Mémoire écrit en français et imprimé à Berlin.....*

Il porte pour titre général : *Dissertation sur la question de balistique proposée par l'Académie des Sciences et Belles-Lettres de Prusse pour le prix de 1782, qui lui a été adjugé dans l'assemblée publique du 6 juin, par M. Legendre, ancien professeur de mathématiques à l'École militaire de Paris.* — A Berlin, chez G.-J. Decker, imprimeur du roi, in-4°. Le titre spécial du Mémoire, qui est imprimé à la page suivante, est : *Recherches sur la trajectoire des projectiles dans les milieux résistants*, avec la devise : *Tolluntur in altum ut casu graviore ruant.*

Page xlii. *M. Français, professeur aux écoles d'artillerie, et M. le général Didion ont seulement apporté des perfectionnements à sa méthode.*

Voyez : *Traité de balistique*, par le général Didion, 2e édition, revue et augmentée, 1860, p. 246 à 251.

Page xliv. *M. de Laplace, qui lui-même avait communiqué l'année précédente à l'Académie une savante théorie des attractions des sphéroïdes et de la figure des planètes.....*

Voyez : *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* pour l'année 1782, p. 113.

PAGE XLIV. *Nous pensons en conséquence que ces Mémoires méritent l'approbation de l'Académie et d'être imprimés dans le Recueil des savants étrangers.*

Voyez : *Recueil des savants étrangers*, t. X.

PAGE XLVII. *Le 4 juillet 1784, il lut à l'Académie des* Recherches sur la figure des planètes.

Voyez : *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, vol. de 1784, p. 370.

PAGE XLVIII. *D'autres grands géomètres ont aussi ajouté leurs découvertes à celles de M. Legendre.....*

Depuis la mort de M. Legendre, la question de l'attraction d'un ellipsoïde sur un point extérieur a été complétement résolue : d'une manière analytique par M. Poisson (voir *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut*, t. XIII, p. 497, 1835); et d'une manière synthétique par M. Chasles (voir *Mémoires des savants étrangers à l'Académie des Sciences*, t. IX, p. 629, 1846).

PAGE XLIX. *Il étendit ses recherches au cas général d'une planète composée de couches hétérogènes.*

Discours prononcé aux funérailles de M. Legendre, le 10 janvier 1833, par M. Poisson.

PAGE L. *Le célèbre* Théorème de réciprocité *connu sous le nom de* Loi de Legendre.....

Voyez : *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, vol. de 1785.

IBID.. *Un mémoire sur la manière de distinguer* les maxima des minima *dans le calcul des variations.*

Voyez : *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, vol. de 1786, p. 7.

IBID. *Deux Mémoires sur les intégrations par arcs d'ellipse, sur la comparaison de ces arcs.....*

Voyez : *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* pour 1786, p. 616 et 644.

PAGE LII. *Mémoires sur les opérations trigonométriques dont les résultats dépendent de la figure de la terre.*

Voyez : *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* pour l'année 1787 (imprimés en 1789), p. 352.

PAGE LVIII. *M. Gauss, en 1809, crut peut-être un moment avoir des droits à la priorité d'invention de la* méthode des moindres carrés.....

Dans son ouvrage, intitulé : *Theoria motus corporum cœlestium,* M. Gauss s'exprime à cet égard de la manière suivante : « Ce principe, dont nous avons « fait usage dès l'année 1795, a été donné dernièrement par Legendre dans « ses *Nouvelles Méthodes pour la détermination des orbites des comètes*, Paris, « 1806; on trouvera dans cet ouvrage plusieurs conséquences que le désir « d'abréger nous a fait omettre. » (Voir l'ouvrage intitulé : *Méthode des moindres carrés, Mémoires sur la combinaison des observations,* par M. Ch.-F. Gauss, traduits en français et publiés avec l'autorisation de l'auteur, par M. J. Bertrand, 1855, p. 133.)

PAGE LXIV. *Une nouvelle formule pour réduire en distances vraies les distances apparentes de la lune au soleil et à une étoile.*

Voyez : *Mémoires de l'Institut*, t. VI (imprimé en janvier 1806), p. 30.

PAGE LXX. *Il n'y a pas de nombre qui ne soit la somme de quatre ou d'un moindre nombre de carrés.*

Voyez : Legendre, *Théorie des nombres,* t. I, p. 211.

PAGE LXXI. *Ce théorème plus facile à exprimer en langage algébrique qu'en langage ordinaire.....*

Voici en quels termes M. Legendre énonce le théorème dont il s'agit dans la *Théorie des nombres,* t. I, p. 230 :

§ VI. *Théorème contenant une loi de réciprocité qui existe entre deux nombres premiers quelconques.*

(166) Nous avons vu (n° 135) que si m et n sont deux nombres premiers

quelconques impairs et inégaux, les expressions abrégées $\left(\frac{m}{n}\right)$, $\left(\frac{n}{m}\right)$ représentent l'une le reste de $m^{\frac{n-1}{2}}$ divisé par n, l'autre le reste $n^{\frac{m-1}{2}}$ divisé par m; on a prouvé en même temps que l'un et l'autre reste ne peuvent jamais être que $+1$ et -1. Cela posé, il existe une telle relation entre les deux restes $\left(\frac{m}{n}\right)$ et $\left(\frac{n}{m}\right)$, que l'un étant connu, l'autre est immédiatement déterminé. Voici le théorème général qui contient cette relation :

« Quels que soient les nombres premiers m et n, s'ils ne sont pas tous les « deux de la forme $4x+3$, on aura toujours $\left(\frac{n}{m}\right)=\left(\frac{m}{n}\right)$, et s'ils sont tous « les deux de la forme $4x+3$, on aura $\left(\frac{n}{m}\right)=-\left(\frac{m}{n}\right)$. Ces deux cas sont « compris dans la formule

$$\left(\frac{n}{m}\right)=(-1)^{\frac{m-1}{2}\cdot\frac{n-1}{2}}\cdot\left(\frac{m}{n}\right).$$

Page lxxiv. *Toutes les transcendantes dont la différentielle se rapproche de celles de ces deux courbes en ce qu'elle présente, comme elles, une fonction rationnelle de la variable divisée par la racine carrée d'un polynôme algébrique du quatrième degré.*

R étant un radical de la forme dont il s'agit et P une fonction algébrique rationnelle, toutes ces transcendantes sont comprises dans la formule $\int\frac{Pdx}{R}$.

Voyez : Legendre, *Mémoire sur les transcendantes elliptiques*, p. 4.

Ibid. *Le géomètre anglais Landen, qui, dans un Mémoire de* 1775, *démontra que* tout arc d'hyperbole *se rectifie immédiatement* au moyen de deux arcs d'ellipse.....

Landen a consigné ses recherches dans les Transactions philosophiques, année 1775, et plus récemment dans un Mémoire particulier intitulé : *Mathematical Memoirs respecting a variety ob subjects*, by John Landen F. R. S., Lond., 1780.

Voyez : Legendre, Mémoires de l'Académie des Sciences pour 1786, p. 645.

Ibid. *Jusqu'à l'année* 1825, *qui vit paraître son traité des fonctions elliptiques.....*

Voyez : Legendre, *Théorie des fonctions elliptiques*, t. I, avertissement, p. 7 (1825).

Page lxxv. *C'était, dit-il modestement ailleurs, un pas de plus dans une carrière difficile.*

Voyez : Legendre, *Théorie des fonctions elliptiques*, introduction, p. 3.

Ibid. *Dans le premier Mémoire, M. Legendre donne des séries convergentes propres à calculer facilement la longueur d'un arc d'ellipse, ... et dans le second il ajoute : « Si le zèle de quelques calculateurs pouvait nous fournir des tables d'arcs d'ellipse..... »*

Voyez : le volume de l'Académie des Sciences pour 1786, p. 618 et 644.

Page lxxv. *M. Legendre se plaît à rendre un juste hommage aux habiles géomètres (Euler, Landen, Fagnani) qui, avant lui, avaient démontré d'une autre manière une partie des théorèmes qui y sont répandus avec une sorte de profusion.*

« Je ne terminerai point cet article (XVI du Mémoire) sans avertir, dit « M. Legendre, que la plupart des propositions qui y sont contenues ont été « découvertes et publiées par M. Euler, dans le t. VII des Nouveaux Mémoires « de Pétersbourg, et dans quelques autres ouvrages, ce que j'ignorais lorsque « je me suis occupé de ces recherches. Mais la différence des méthodes peut « jeter un nouveau jour sur cette matière, et d'ailleurs la comparaison des arcs « de différentes ellipses dont il est question dans l'article XIII, n'a encore été « traitée par personne que je sache. » (Mémoires de l'Académie des Sciences, volume de 1786, p. 676.)

Page lxxvi. *Une sorte d'algorithme qui peut servir à étendre le domaine de l'analyse.*

Voyez : Legendre, *Théorie des fonctions elliptiques*, introduction, p. 3.

Page lxxvii. *Il le réduit à une forme d'une merveilleuse simplicité qui ne contient que cinq quantités.....*

Voici comment il l'exprime :

$$H = \int \frac{A + B \sin^2\varphi}{1 + n \sin^2\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - c^2 \sin^2\varphi}}$$

Voyez : Legendre, *Mémoire sur les transcendantes elliptiques*, p. 17.

Page lxxx. *Sorte de damier... dont toutes les cases pouvaient être remplies par les diverses transformations dont est susceptible une seule et même fonction.*

Voyez l'avertissement placé en tête du 3e volume de la *Théorie des fonctions elliptiques.*

Ibid. *Ce qui avait été l'objet des vœux et des espérances d'Euler.*

Voyez : Legendre, *Théorie des fonctions elliptiques*, introduction, p. 13.

Page lxxxiv. *Résignation... que devaient lui rendre bien difficile... le bonheur qu'il trouvait dans son intérieur, les soins et les vœux dont il était entouré.*

Voyez : Poisson, *Discours déjà cité*, p. 1.

Page lxxxvi. *Un de nos plus grands géomètres s'est plu à célébrer la perfection de son style analytique.*

Dans son éloge de Laplace, prononcé le 15 juin 1829 devant l'Académie, où siégeait encore M. Legendre, M. Fourier a consigné d'intéressantes remarques sur les découvertes de Lagrange et sur le caractère de ses travaux. On y trouve les lignes suivantes :

« Toutes ses compositions mathématiques sont remarquables par une élé-
« gance singulière, par la symétrie des formes et la généralité des méthodes,
« et, si l'on peut parler ainsi, par la perfection du style analytique. »

Voyez : Fourier, *Éloge de Laplace* (Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, t. X, p. vi, 1830).

Page lxxxvii. *Laplace... a mérité d'être appelé le Newton de la France.*

C'est M. Cuvier qui, dans un de ses discours académiques, lui a donné cette glorieuse qualification.

MÉMOIRES

DE

L'ACADEMIE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT IMPÉRIAL DE FRANCE.

RECHERCHES

SUR LA

TEMPÉRATURE DES VÉGÉTAUX

ET DE L'AIR

ET SUR

CELLE DU SOL A DIVERSES PROFONDEURS

PAR M. BECQUEREL.

CHAPITRE PREMIER.

DES RECHERCHES FAITES SUR LA TEMPÉRATURE DES VÉGÉTAUX AVANT 1858.

§ Ier. — *Notions générales sur l'échauffement des corps par voie de rayonnement.*

Il s'opère constamment dans les tissus des corps organisés vivants une foule d'élaborations chimiques donnant lieu à une production de chaleur qui, dans les animaux à sang

1.

chaud, constitue leur température propre, tandis que dans les animaux à sang froid et dans les végétaux, cette production étant très-faible, la température qu'ils possèdent leur vient du milieu ambiant; dans ces derniers, non-seulement l'air intervient, mais encore l'eau chargée de divers éléments, aspirée par les racines et devant constituer plus tard la séve; c'est ce que nous allons essayer de démontrer, en prouvant que cette température est soumise comme celle de l'air à des variations périodiques, mais d'une amplitude beaucoup moins étendue.

On s'est d'abord demandé si les plantes possédaient comme les animaux à sang chaud une température propre intervenant dans les phénomènes de la vie. On peut répondre affirmativement en ce qui concerne la production de chaleur, car les phénomènes de la respiration et de la nutrition dans les plantes ne sauraient s'effectuer sans donner lieu à un dégagement de chaleur; mais il est impossible d'être aussi explicite à l'égard de la seconde partie de la question.

Les recherches entreprises jusqu'ici dans le but de mettre en évidence la chaleur propre des végétaux, à l'exception de celles faites à Genève, depuis 1796 jusque dans les premières années de ce siècle, ne réunissaient pas les conditions voulues pour atteindre le but que l'on se proposait. On faisait abstraction, par exemple, de l'influence de la température de l'air, qui joue cependant le rôle principal, et l'on n'avait pas songé par conséquent à rechercher si les variations de température de l'arbre étaient ou non en rapport avec celles de l'air.

D'un autre côté, on avait négligé d'étudier le dégagement de la chaleur dans les feuilles, organes de la respiration, et dans les fleurs, organes de la génération, ainsi que dans les parties vertes des végétaux.

Dans les phénomènes de nutrition, on considère d'abord l'ascension de la séve, qui s'effectue sans production de chaleur, puis son élaboration dans les feuilles, sous l'influence de la lumière, et qui ne peut avoir lieu sans réactions chimiques et par suite sans dégagement de chaleur. Cette séve, effectivement, se compose des liquides aspirés par les racines, et s'élève dans les parties foliacées, chargées essentiellement d'acide carbonique et de matières pouvant être transformées en ce même acide; elle perd par exhalation beaucoup de son eau; les substances qu'elle contient sont décomposées sous l'influence solaire; une grande partie de l'oxygène est expulsée, et il ne reste plus que des matières carbonacées unies à une petite quantité d'eau. Cette séve, ainsi élaborée, se rend par des vaisseaux spéciaux formant plexus dans tout le système. Une partie qui s'introduit dans le ligneux rencontre la séve ascendante qui s'élève avec force, au moins pendant le jour. L'une et l'autre mêlées avec l'eau enlevée au corps ligneux par les rayons médullaires servent à nourrir et à développer le cambium en couches ligneuses et corticales, etc., etc. Je ne suivrai pas la séve dans toutes ses évolutions et transformations; je n'en fais mention ici que pour donner une idée des réactions chimiques qui s'opèrent dans les tissus des végétaux, réactions toujours accompagnées d'une production de chaleur, dont l'influence sur les fonctions vitales dans les végétaux n'a pu encore être appréciée.

Il est d'autant plus difficile de savoir ce qui se passe dans ces diverses élaborations, que la production de chaleur y est accompagnée de plusieurs effets de refroidissement, tels que l'évaporation par les feuilles, le dégagement de l'oxygène, provenant des réactions chimiques qui ont lieu sous l'in-

fluence de la lumière, et d'où résulte un dégagement d'acide carbonique.

La chaleur étant un des principaux éléments indispensables au développement et au maintien de la vie, on conçoit que les conditions climatériques changeant, les fonctions vitales changent également: cela est tellement vrai qu'une nouvelle faune et une nouvelle flore ont paru à la suite des grands cataclysmes qui, en changeant à des époques plus ou moins éloignées le relief de la terre, ont modifié profondément les climats.

On voit par là combien il importe d'étudier les causes qui concourent à donner aux végétaux la température dont ils ont besoin pour accomplir toutes les phases de leur existence; celles que j'ai mentionnées étant insuffisantes, on doit en rechercher de plus efficaces dans l'atmosphère.

Tout corps organisé ou non organisé, en contact avec l'air, tend à se mettre en équilibre de température plus ou moins rapidement avec lui, selon sa conductibilité et le pouvoir rayonnant ou émissif de sa surface. L'air n'est pas le seul corps qui rayonne de la chaleur ou qui en prenne à tous les corps, il faut encore y joindre les espaces célestes et les astres qui les peuplent. Ce rayonnement calorifique existe depuis l'origine des choses. La terre en a ressenti les effets à son origine; elle consistait alors en un amas de vapeurs, débris de l'atmosphère solaire soumis à un refroidissement graduel par l'effet du rayonnement céleste: cet amas est passé successivement de l'état gazeux à l'état liquide, et de ce dernier état à l'état solide, du moins à sa surface, car il est probable qu'au-dessous de la croûte solide, la matière terrestre est en incandescence et peut-être à l'état liquide.

Ce rayonnement continuant, l'épaisseur de la croûte terrestre ira en augmentant dans la suite des siècles, quoique avec une extrême lenteur. C'est à une cause semblable qu'il faut attribuer l'abaissement de température qui a lieu dans les corps à la surface de la terre, pendant la nuit, quand le ciel est serein et même pendant le jour, mais à un moindre degré.

On a déterminé à diverses époques la portion du rayonnement solaire absorbée par l'air et qui est rendue à la terre pendant la nuit, ce qui empêche les corps placés à sa surface d'éprouver un trop grand refroidissement. On admet en moyenne une absorption d'un quart, en sorte qu'il n'arrive à la surface de la terre que les trois quarts de la radiation solaire. Les couches inférieures de l'air présentent une absorption moindre en hiver, toutes choses égales d'ailleurs, qu'en été. Cette différence tient-elle à ce que la constitution de l'atmosphère n'est pas la même dans toutes les saisons, ou à toute autre cause? On l'ignore.

La portion de la radiation solaire non absorbée par l'air échauffe la surface de la terre; cet échauffement ne se fait sentir que jusqu'à la couche invariable, qui possède une température égale à la moyenne du lieu, et dont la profondeur au-dessous du sol varie avec la latitude. Sous les tropiques on la rencontre, dit-on, à $0^m,33$, dans un endroit abrité de la radiation solaire; sous nos latitudes à 24 mètres environ.

Dans notre climat les variations diurnes ne sont plus sensibles à $1^m,2$ au-dessous du sol.

Les températures moyennes annuelles des différentes couches présentent peu de différence avec la température moyenne de l'air.

Les différences entre le maximum et le minimum de chaque couche décroissent en progression géométrique pour des profondeurs croissant en progression arithmétique à partir de la surface de la terre. La température de l'air, qui exerce une si grande influence sur les phénomènes de la vie et les travaux agricoles, est rarement stationnaire; non-seulement elle varie avec la hauteur du soleil, mais encore il est rare que deux jours de suite, à la même heure, abstraction faite de la différence dans la hauteur du soleil, la température soit la même, dans le même lieu. Au milieu de ces variations, on recherche ce qu'il y a de fixe dans le phénomène. On prend à cet effet la moyenne d'un grand nombre d'observations, d'où l'on déduit les températures moyennes horaires, les températures moyennes diurnes, mensuelles, hivernales, estivales, annuelles, et enfin la température moyenne du lieu, qui est invariable et que l'on obtient en prenant la moyenne d'un grand nombre de moyennes annuelles.

Dans le cours de la journée, la température, malgré de nombreuses causes perturbatrices, est soumise à une certaine régularité; elle va en augmentant depuis le lever du soleil jusque vers deux ou trois heures de l'après-midi, suivant la saison, où elle atteint son maximum; elle décroît ensuite jusque vers le lever du soleil, où elle est à son minimum. En été, le maximum a lieu vers trois heures du soir, et le minimum vers trois heures et demie du matin. En hiver le maximum se montre entre une heure et demie et deux heures du soir, et le minimum vers six heures du matin.

Près de la mer, on trouve souvent que le maximum a lieu vers midi, à l'instant où arrive la brise de mer qui abaisse la température du milieu du jour; un effet analogue se produit

sur le sommet des montagnes. Indépendamment des heures des maxima et des minima, il faut encore prendre en considération l'oscillation diurne qui exerce une grande influence sur les phénomènes de la vie organique; on appelle ainsi la différence entre le maximum et le minimum du jour, laquelle dépend de diverses causes, et notamment de la position continentale ou côtière du lieu. Dans les régions équatoriales, en mer, la différence ne va pas au delà de 2°, tandis que sur les continents elle s'élève à 5° ou 6°. Dans les régions tempérées, la différence en mer dépasse rarement 2° à 3°; sur terre elle va jusqu'à 12° ou 15°, comme à Paris, par exemple. Dans les régions polaires, la différence moyenne est de 2° et va rarement à 4°.

L'amplitude de l'oscillation diurne varie aussi avec la saison.

Son minimum a lieu en hiver et le maximum en été. A Paris, elle est en moyenne de 7°,49

En décembre, le minimum est de.................	3°,57
En juin, le maximum est de.....................	10°,00

Le minimum mensuel est en janvier et le maximum en été.

La température de 9 heures du matin représente à peu près la moyenne diurne, de même que la température moyenne du mois d'octobre diffère peu de la température moyenne de l'année.

La température des mers et celle des lacs dépendent de leur profondeur et de l'état calorifique de l'air, et notamment de la couche d'air adhérant à leur surface; mais ce qu'il nous importe de connaître, c'est la différence entre les

climats marins et les climats continentaux sous le rapport de la température, différence qui influe sur celle des végétaux. Les climats marins, en raison de la grande capacité calorifique de l'eau et de la quantité de chaleur latente qui devient libre lorsque la vapeur d'eau passe à l'état liquide, sont plus constants que les climats continentaux, qui deviennent plus extrêmes en s'éloignant des côtes.

Indépendamment des effets calorifiques qui ont lieu dans le cours de la journée, il faut avoir égard encore aux effets du rayonnement nocturne. Ces effets se font sentir particulièrement sur l'herbe et les feuilles des végétaux qui ont un grand pouvoir émissif, et dont la température s'abaisse de plusieurs degrés au-dessous de celle des couches d'air supérieures. Quand le ciel est très-serein et sans nuages, l'abaissement va quelquefois jusqu'à 7° ou 8°.

Cet abaissement de température exerce une influence sur celle des végétaux eux-mêmes, comme on le verra plus loin.

Les considérations générales dans lesquelles je viens d'entrer étaient indispensables pour l'intelligence de ce que nous allons dire sur la température des végétaux.

§ II. — *Recherches sur la température des végétaux jusqu'en* 1796.

Les premières expériences entreprises dans le but de déterminer la température des parties intérieures des végétaux ne remontent guère au delà de quatre-vingts ans. A cette époque, les observations thermométriques n'avaient pas le

degré d'exactitude qu'elles ont acquis depuis. On ne comparait pas rigoureusement ensemble la marche des thermomètres et l'on n'avait pas égard non plus au déplacement du zéro dont on n'avait pas connaissance alors. On se bornait à pratiquer une cavité dans un arbre, pour y introduire le réservoir d'un thermomètre, que l'on retirait après l'observation, ou bien on plaçait devant l'ouverture de la cavité une boîte dans laquelle passait la tige du thermomètre entourée d'une étoffe de laine ou de coton. On ne prenait donc aucune des précautions nécessaires pour soustraire les thermomètres aux influences atmosphériques; il a dû en résulter une foule d'erreurs de ce mode d'expérimentation.

Nous citerons en premier lieu les observations de Hunter (*Philosophical transactions*, 1775 et 1778, et *Journal de Physique,* t. IX et XVII) qui ont été faites sur un noyer ayant une tige de $2^{m},76$ de hauteur et de $2^{m},18$ de circonférence. Hunter avait pratiqué un trou oblique dans cet arbre dirigé de haut en bas vers le centre, à $1^{m},52$ au-dessus du sol, sur la face nord; ce trou avait 28 centimètres de profondeur; puis il appliquait sur l'ouverture une boîte dont le fond s'ouvrait au moyen d'une charnière et dont l'intérieur était rempli de laine, à l'exception du milieu destiné à recevoir la tige du thermomètre. Voici les deux premières séries d'observations.

	DATE.	HEURE.	TEMPÉRATURE de L'AIR.	TEMPÉRATURE de L'ARBRE.
Première série.......	4 avril	5h30 soir	16°66	13°33
	29 avril	6 matin	14,16	12,77
	5 avril	6 soir	4,33	12,77
	7 avril	3 soir	5,55	5,55
	9 avril	6 soir	3,88	7,22
Deuxième série......	18 octobre	6h30 soir	10,83	13,05
	21 octobre	7 matin	5,00	8,33
	21 octobre	5 soir	10,83	13,88
	22 octobre	7 matin	5,55	8,88
	22 octobre	1 après midi	10,44	11,64
	23 au soir	au soir	7,77	8,88
	28		7,22	7,77
	29 octobre		7,22	9,14
	2 novembre		6,11	6,11
	5 novembre		6,11	7,22
	10 novembre		9,44	12,77
	18 novembre		5,55	6,66
	20 novembre		4,44	5,55
	2 décembre		12,22	12,22

Dans ces deux séries d'expériences, les observations ont été faites sans les conditions voulues pour être à l'abri des causes d'erreur, et sans suite, tantôt dans la matinée, tantôt dans l'après-midi, tantôt à des heures quelconques de la journée, et jamais pendant la nuit ; les conséquences qu'on en a déduites ne pouvaient donc avoir qu'une bien faible valeur scientifique.

Dans la première série, l'air a été deux fois plus chaud que l'arbre ; une fois leur température a été la même, deux fois l'arbre a été plus chaud que l'air. Dans la deuxième série d'observations faites du 18 octobre au 2 décembre, sur quatorze observations, dix fois la température de l'arbre a été plus élevée que celle de l'air, deux fois il y a eu égalité et deux fois elle a été moindre.

Passons à d'autres séries d'observations faites sur différentes espèces d'arbres n'ayant pas le même diamètre, ce qui empêche que les observations de cette série soient comparables aux différentes températures de l'air au-dessous de zéro, et cela avec d'autant plus de raison, qu'il n'y a ni indication d'heure, ni indication de durée du froid.

3e *Série.*

		Température de l'arbre.
Température de l'air, — 1°,67	Peuplier de la Caroline	— 1°39
	— d'Angleterre	— 1,39
	Platane oriental	— 1,11
	— occidental	— 1,11
	— de la Caroline	— 1,11
	Arbousier	— 1,11
	Thuya	— 1,67
	Cyprès	— 1,11
	Arbre au vernis	— 1,11
	Noyer	— 0,50

4e *Série.*

Température de l'atmosphère, — 2°,78	Sapin de Norwége	— 0,00
	— d'Écosse	— 2,20
	— commun	— 1,1
	— Weymouth	— 1,1
	If	— 1,1
	Houx	— 1,1
	Prunier	— 0,27
	Cèdre mort	— 1,67

5ᵉ *Série.*

		Température de l'arbre.
Température de l'atmosphère, — 4°,44	Sapin de Norwége	— 5°
	— d'Écosse	— 5
	— commun	— 5
	— Weymouth	— 5
	If	— 5
	Cèdre mort	— 4,4

6ᵉ *Série.*

Température de l'air, — 8°,89	Peuplier de Caroline	— 8,33
	— d'Angleterre	idem
	Platane oriental	idem
	— occidental	idem
	Bouleau	idem
	Sapin d'Écosse	— 8,6

Dans toutes ces observations on a omis, comme je l'ai déjà dit, de mentionner les jours et les heures où elles ont été faites ainsi que les diamètres des arbres, éléments indispensables, comme on le verra, à la solution de la question.

On voit néanmoins que la température des arbres tendait à se mettre en équilibre avec celle de l'air.

Dans la troisième série, les arbres avaient une température de ½ degré supérieure à celle de l'air. Dans la quatrième, la différence a été de 1°,5. Dans la cinquième, la température de l'air a été au contraire supérieure à celle des arbres de plus de 0°,5. Dans la sixième série, la température des arbres était supérieure de 0°,56 à celle de l'air.

Il faudrait donc conclure de ces observations que la plupart du temps en hiver, lorsque le froid est soutenu, les

arbres ont le plus souvent une température supérieure à celle de l'air, et que cette température peut descendre jusqu'à —8°,6. Ces arbres possédaient donc la faculté de résister à de basses températures. Quoique cette conséquence soit juste, les observations n'avaient pas été faites dans des conditions convenables et n'étaient pas assez nombreuses pour en déduire un principe général.

Hunter, en rapportant ces observations, a fait la remarque suivante, qui n'est pas sans intérêt :

La séve du noyer qui coulait abondamment se congela à 0° degré en sortant de l'arbre, alors que la température de ce dernier était beaucoup plus basse ; pourquoi, s'est-il demandé, conserve-t-elle sa fluidité dans ses conduits naturels bien au-dessous de zéro ? Parmi les causes qui contribuent à donner aux végétaux la faculté de résister à la gelée, on a mis en avant, ajoute-t-il, la propriété que l'eau gèle plus facilement quand sa masse a une certaine étendue que lorsqu'elle se trouve dans des espaces capillaires où l'attraction exercée par les parois sur les molécules liquides s'oppose à leur solidification.

Sennebier a vu, en effet, de l'eau rester liquide à 7 degrés au-dessous de zéro dans des tubes capillaires d'un diamètre plus grand que celui des vaisseaux des plantes. Est-ce pour ce motif que MM. Neuffer et Schubler ont trouvé que les arbres gelaient d'autant plus difficilement que leurs couches étaient plus serrées ?

On peut encore ajouter à cette observation celle qui a été faite par Rumfort et Leslie, à savoir que l'air étant mauvais conducteur de la chaleur quand ses molécules ne peuvent être déplacées devient la meilleure enveloppe que l'on puisse

prendre pour s'opposer au refroidissement. Il semblerait résulter de là que plus les végétaux présentent de couches superposées, plus ils doivent résister au froid. Tel serait le cas des plantes qui possèdent un grand nombre d'épidermes, comme le bouleau qui s'élève le plus haut dans les Alpes et s'avance le plus dans les régions polaires, et comme le marronnier d'Inde qui vient des régions tropicales.

Des observations nombreuses ont été faites également à New-York en 1783 par Schæpff (*Naturforscher*, 23 Sti. p. 1-37, Hall, 1788), sur la température des végétaux, mais sans plan bien arrêté; des trous avaient été pratiqués dans diverses espèces d'arbres, puis fermés avec des bouchons, quand on n'observait pas. Le thermomètre, introduit dans le trou, y restait pendant huit à dix minutes; après quoi, on le retirait pour lire la température qui participait naturellement de celles de l'arbre et de l'air, puisque ce dernier avait libre accès dans le trou. Schæpff observait en même temps sur des arbres d'espèce différente n'ayant pas le même diamètre et à des heures qui n'étaient pas les mêmes, ce qui compliquait singulièrement la question et empêchait de reconnaître les causes qui influent sur la température des arbres. En agissant ainsi, il n'était pas possible d'apercevoir la relation qui pouvait exister entre la température de l'air et celle des arbres. Nous donnons ici une grande série d'observations faites par lui en 1783.

NEW-YORK, 1783.

ARBRES.	LEUR ÉPAISSEUR.	HEURES	DIRECTION du vent. ÉTAT DU CIEL.		THERMOMÈTRE à L'AIR LIBRE.	MINUTES. LE THERMOMÈTRE dans l'arbre.	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE dans l'arbre.	REMARQUES.
Février 26.								
Chêne blanc......	0m305	9h30 matin.	N. O.	Venteux.	5°0	7½	10°56	La nuit précédente passablement froide.
Chêne blanc......	0,305	9 45 *id.*	S. E.	Soleil.	10,0	5	8,89	
Chêne blanc......	0,152	10 30 *id.*	S. S. E.	*id.*	13,33	5	14,44	
Chêne blanc......	0,152	11 *id.*	N. N. O.	*id.*	10,0	5	12,22	
Merisier..........	0,457	4 45 apr. midi.	N.	Vent.	3,33	7½	9,44	
Chêne blanc......	0,405	5 *id.*	O.	*id.*	4,44	7½	12,22	
Merisier..........	0,380	5 15 *id.*	O.	Vent N. O.	5,56	7½	11,67	
Merisier..........			O.					
Février 27.								
Chêne rouge.....	0,229	7 30 av. midi.	O. S. O.	Soleil.	3,33	7½	2,22	Froid intense la nuit: il y avait de la glace sur l'eau et la terre.
Chêne rouge.....	0,229	7 45 *id.*	*id.*	*id.*	3,33	5	3,33	
Chêne rouge.....	0,229	8 *id.*	N.	*id.*	2,78	7½	2,22	
Buis.............	0,076	10 *id.*	N.	*id.*	1,67	7½	1,67	
Châtaignier.......	0,305	11 *id.*	N.	Vent, N. O.	2,22	7½	4,44	
Châtaignier.......	0,380	11 25 *id.*	*id.*	*id.*	2,22	7½	3,89	
Mars 3.								
Châtaignier.......	0,915	7 45 *id.*	O.	Calme.	5,56	7½	2,22	Le jour précédent j'avais placé le thermomètre dans les trois ouvertures de ces arbres, qui, à la vérité, étaient restées ouvertes pendant la nuit; il s'éleva à 3,4, ce qui était la température à l'air libre.
Cèdre rouge......	0,305	8 *id.*	N. O.	*id.*	4,44	7½	1,67	
Cèdre rouge......	0,076	8 *id.*	O.	*id.*	4,44	7½	—1,11	
Mars 4.								
Chêne rouge......	0,305	11 30 *id.*	O.	*id.*	1,11	10	3,33	

NEW-YORK (suite), 1783.

ARBRES.	LEUR ÉPAISSEUR.	HEURES.	DIRECTION du vent. ÉTAT DU CIEL.	THERMOMÈTRE à L'AIR LIBRE.	MINUTES. LE THERMOMÈTRE dans l'arbre.	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE dans l'arbre.	REMARQUES.
Mars 4.							
Chêne blanc......	0m534	11h45 av. midi.	N. O. Calme.	1°67	10	2,78	
Chêne blanc......	0,101	12	N. Sole l.	1,67	10	4,44	
Chêne blanc......	0,101	12 15 apr. midi.	S. *id.*	7,78	6	3,89	
Chêne blanc......	0,381	12 30 *id.*	N. *id.*	1,67	7½	3,33	
Chêne blanc......	0,381	*id* *id.*	S. *id.*	10,0	5	4,44	
Chêne blanc......	0,912	1 15 *id.*	N. O. *id.*	0,0	10	1,11	Après une nuit froide, encore de la glace sur l'eau.
Chêne blanc......	0,912	*id.* *id.*	S. O. *id.*	1,1	5	2,78	
Chêne blanc......	0,229	10 30 av. midi.	N. O. *id*	0,0	5	1,0	
Mars 15.							
Chêne noir.......	0,610	9 15 *id.*	N. *id.*	3,33	10	1,1	
Chêne noir.......	0,610	9 30 *id.*	N. *id.*	3,33	10	1,1	
Chêne noir.......	0,610	9 45 *id.*	S. O. *id.*	12,22	10	2,78	
Châtaignier.......	0,686	10 15 *id.*	N. *id.*		10	1,1	La sève de l'arbre bien liquide.
Châtaignier.......	0,686	10 30 *id.*	N. *id.*	5,56	10	1,1	
Châtaignier.......	0,686	10 45 *id.*	S. *id.*	15,56	15	3,89	
Châtaignier.......	0,610	11 15 *id.*	S. *id.*	16,67	15	3,33	
Châtaignier.......	0,610	11 45 *id.*	N. O. *id.*	6,11	13	1,11	
Noyer blanc......	0,457	12	S. *id.*	15,0	15	8,89	
Noyer blanc......	0,457	12 15 apr. midi.	N. *id.*	6,67	10	5,56	
Noyer blanc......	0,534	12 30 *id.*	N. *id.*	6,67	10	6,67	
Noyer blanc......	0,534	12 45 *id.*	S. *id.*	15,0	12	9,44	
Noyer blanc......	0,630	1 *id.*	S. *id.*	13,33	15	5,56	Les deux orifices pleins de
Noyer blanc......	0,630	1 30 *id.*	N. *id.*	7,78	12	2,78	sève aigre douce.

Les arbres ayant des diamètres très-différents, et les observations n'ayant pas été faites à des heures déterminées dans le cours de chaque journée, il est impossible, nous le répétons, d'en déduire les rapports qui existent entre la température de l'air et celle des arbres.

Pour montrer les erreurs qui ont dû être commises dans les observations que nous venons de rapporter, je prendrai les deux dernières faites sur le même arbre, un noyer blanc, à une demi-heure d'intervalle, à 1 heure et 1 heure et demie :

	à 1 h.	à 1 h. 30
Dans l'air,	13°,33	5°,56
Dans l'arbre,	7°,78	2°,78

Comment se fait-il que dans un laps de temps aussi court la température de l'air et celle de l'arbre aient varié en premier lieu de 7°,77, en second lieu de 5°,0 ; je pourrais citer d'autres variations aussi considérables, que rien ne justifie. Néanmoins, il ressort de ces observations le fait suivant qui n'est pas sans quelque importance : Quand la température s'élève ou s'abaisse dans l'air, elle s'élève ou s'abaisse également dans l'arbre ; ce qui indique déjà que l'un et l'autre sont soumis aux mêmes influences calorifiques.

Parmi les remarques faites par Schæpff, à l'occasion des observations dont il vient d'être question, je rapporterai les suivantes qui viennent à l'appui des principes que j'établirai dans le cours de ce Mémoire : 1° Quand on compare deux troncs qui n'ont pas le même diamètre, ou seulement deux branches, on voit que *si les deux troncs ont été exposés à la même température, le plus fort se refroidit moins vite que l'autre.* Cela ne doit pas surprendre, ajoute-t-il, lors-

qu'on voit dans mes recherches des troncs d'arbres soumis à l'expérience donner plus d'une fois une température plus forte que celle de l'air, *et qui est due à une chaleur qui s'était peut-être accumulée dans les jours précédents, et que le froid des nuits ne lui avait pas fait perdre entièrement.* Cette observation est pleine de justesse.

2° La majeure partie des observations montrent que la plupart des plantes possèdent la propriété de se maintenir à une température moindre que celles de l'air et de la terre. Je ferai remarquer que *cela dépend de la phase dans laquelle les observations ont été faites.*

Schæpff fait enfin les réflexions suivantes : « A la nuit, la « chaleur de l'atmosphère diminue plus ou moins de plu- « sieurs degrés ; comment se comportent alors les plantes ? Si elles étaient des corps inanimés, elles devraient nécessairement éprouver un changement pareil à celui de l'atmosphère et en rapport avec l'étendue de leurs corps et leur situation; mais il n'en est probablement pas ainsi. « Peut- « être possèdent-elles alors un pouvoir pour se garantir contre « l'abaissement rapide de la température extérieure. C'est « ce que l'on est tenté de présumer d'après l'hypothèse re- « çue, et cette supposition est appuyée sur les observa- « tions valables des physiciens. »

Au lieu de se livrer à des hypothèses, Schæpff aurait dû faire un certain nombre de séries d'observations sur le même arbre, à l'abri des influences extérieures et à des heures fixes; et il aurait trouvé alors la réponse qu'il cherchait. Enfin il arrive à la conclusion suivante :

« Les expériences aussi bien que les hypothèses vraisem- « blables, fondées sur l'observation, ne sont pas contraires à

« l'idée que le règne végétal possède la faculté de produire « de la chaleur. On peut admettre que les plantes en bon état « ne se conduisent pas comme des corps inorganiques, à « l'égard de l'atmosphère environnante et de la terre qui les « nourrit, mais qu'elles ont le pouvoir de se garantir contre « l'influence du froid et de la chaleur, au moins pendant un « certain temps, en proportion de leur force vitale, de leur « organisation et de leur destination ; elles ont donc par « conséquent une température particulière. »

« Je ne comprends que trop qu'il faut un grand nombre « d'expériences et d'observations pour établir la proposition « ci-dessus exposée. »

D'après cet exposé, on voit que Schæpff n'avait fait des observations de température que dans le but de prouver que les végétaux avaient une température indépendante de celle de l'air et qu'il ne donne pas ce principe comme démontré, puisqu'il en appelle à de nouvelles observations pour l'établir.

Dans des recherches de cette nature, quand il s'agit de mettre en évidence une loi, un principe, il ne faut pas des observations isolées, peu nombreuses et entachées d'erreurs, mais une longue série d'observations faites sans interruption, d'une manière continue, le jour et la nuit, à des heures fixes, seul moyen de mettre en évidence les rapports qui les lient toutes : c'est ce que n'ont fait ni Hunter, ni Schæpff ; en un mot, il faut un observatoire dans lequel on puisse suivre ce travail sans interruption pendant des jours, des mois et même des années et en se mettant à l'abri des causes d'erreur.

§ III. — *Observations faites à Genève de* 1796 *aux premières années de ce siècle. Discussion de ces observations.*

Toutes les observations précédentes laissent beaucoup à désirer sous le rapport de leur exactitude et du parti que l'on peut en tirer. Il n'en est pas de même de celles qui ont été faites à Genève pendant un certain nombre d'années par MM. Pictet et Maurice et qui se trouvent consignées dans les premiers volumes de la *Bibliothèque universelle de Genève*. Il ne sera question, ici, que des observations de 1796, 1797, 1798, 1799 et 1800 (*Bibliothèque britannique*, t. I, II, III, IV et V de l'Agriculture). Elles ont été faites sur un marronnier d'Inde de $0^{m},64$ de diamètre et dans le tronc duquel on avait pratiqué sur la face nord, un trou de $0^{m},162$ de profondeur pour y placer le réservoir d'un thermomètre. Le thermomètre introduit, le trou fut rempli de cire fondue afin que l'eau et l'air ne pussent y pénétrer et n'influençassent pas la température de l'arbre.

Les observations ont été faites sans interruption au lever du soleil, à 2 heures et au coucher du soleil concurremment avec un thermomètre placé au nord à l'abri des rayons solaires, et avec quatre thermomètres placés en terre, le premier à $0^{m},081$ au-dessous du sol, le deuxième, à $0^{m},45$, le troisième, à $1^{m},29$, le quatrième, à $3^{m},90$. Tous ces thermomètres étaient à échelle Réaumur.

Ces observations ont été recueillies, classées et enregistrées avec soin ; j'en ai formé les tableaux suivants, qui contiennent :

1° Les moyennes mensuelles, au nord et dans l'arbre aux trois heures de la journée sus-indiquées, de 1796 à 1800;

2° Les températures, à l'air et dans l'arbre aux trois mêmes heures, dans les mois de janvier et d'août 1797, afin d'avoir les températures extrêmes, en été et en hiver.

3° Les températures moyennes mensuelles de la terre, aux trois heures indiquées de 1796 à 1800 à $0^m,081$ et à $1^m,29$ au-dessous du sol.

ANNÉE 1796.

MOIS.	HEURES.	TEMPÉRATURES MOYENNES.				
		AU NORD À L'OMBRE.		DANS L'ARBRE.		DANS L'ARBRE au lever et au coucher DU SOLEIL.
Janvier	Lever du Soleil 2 heures Coucher du Soleil	+ 0,55 4,24 3,39	2,73	+ 1,67 2,47 2,62	2,25	2,15
Février......	L. du S. 2 h. C. du S.	0,72 3,37 2,42	2,17	1,87 2,64 2,72	2,41	2,29
Mars........	L. du S. 2 h. C. du S.	— 0,99 + 5,19 3,93	2,71	1,60 2,76 2,96	2,44	2,27
Avril........	L. du S. 2 h. C. du S.	3,07 11,47 9,66	8,07	7,52 9,6 9,62	8,77	8,58
Mai.........	L. du S. 2 h. C. du S.	7,01 13,61 11,16	10,59	9,58 10,24 10,44	10,09	10,05
Juin........	L. du S. 2 h. C. du S.	9,27 15,71 13,56	12,85	11,56 11,92 12,17	11,88	11,86
Juillet.......	L. du S. 2 h. C. du S.	10,29 16,76 14,52	13,86	12,58 13,05 13,33	12,99	12,95
Août........	L. du S. 2 h. C. du S.	11,63 17,90 15,51	15,01	14,28 14,73 14,89	14,63	14,58
Septembre...	L. du S. 2 h. C. du S.	9,29 16,59 14,61	13,49	12,81 13,70 13,99	13,50	13,40
Octobre.....	L. du S. 2 h. C. du S.	6,83 9,87 8,05	8,81	8,55 9,02 9,06	8,88	8,75
Novembre...	L. du S. 2 h. C. du S.	2,59 5,40 4,71	4,23	3,84 4,26 4,38	4,16	4,11
Décembre...	L. du S. 2 h. C. du S.	— 1,42 + 0,99 0,35	— 0,03	— 0,32 — 0,13 — 0,12	— 0,19	— 0,44
	Moyennes......................		+ 7,87		+ 7,65	7,55

ANNÉE 1797.

MOIS.	HEURES.	TEMPÉRATURES MOYENNES. AU NORD A L'OMBRE.		DANS L'ARBRE.		DANS L'ARBRE au lever et au coucher DU SOLEIL.
Janvier	Lever du Soleil 2 heures Coucher du Soleil	− 0,81 + 1,99 1,03	0,74	+ 0,29 0,76 − 0,77	0,61	0,63
Février	L. du S. 2 h. C. du S.	− 0,63 + 6,2 1,57	2,59	+ 1,11 1,70 1,98	1,59	1,54
Mars	L. du S. 2 h. C. du S.	0,21 6,97 5,15	4,11	3,39 4,27 4,73	4,13	4,06
Avril	L. du S. 2 h. C. du S.	5,29 12,07 9,55	8,97	8,59 9,79 10,14	9,51	9,36
Mai	L. du S. 2 h. C. du S.	8,84 14,99 12,79	12,21	10,30 11,32 11,53	11,22	10,91
Juin	L. du S. 2 h. C. du S.	8,58 13,62 10,79	10,99	10,70 11,24 11,36	11,10	11,03
Juillet	L. du S. 2 h. C. du S.	16,91 19,88 16,97	16,25	14,22 14,75 14,99	14,65	14,60
Août	L. du S. 2 h. C. du S.	11,31 19,33 16,75	15,46	15,22 16,29 16,33	15,95	15,78
Septembre	L. du S. 2 h. C. du S.	8,96 14,56 12,90	12,14	12,62 13,76 13,82	13,40	13,22
Octobre	L. du S. 2 h. C. du S.	6,09 6,31 8,52	8,17	8,38 8,97 9,25	8,87	8,86
Novembre	L. du S. 2 h. C. du S.	3,63 6,66 5,53	5,27	4,73 5,11 5,26	5,30	4,99
Décembre	L. du S. 2 h. C. du S.	1,83 4,34 3,30	3,16	2,58 2,97 3,06	2,86	2,81
	Moyennes		8,34		8,27	8,14

ANNÉE 1798.

MOIS.	HEURES.	TEMPÉRATURES MOYENNES. AU NORD A L'OMBRE.		DANS L'ARBRE.		DANS L'ARBRE au lever et au coucher DU SOLEIL.
Janvier.....	Lever du Soleil	— 0,17	+ 0,94	+ 0,68	+ 0,77	0,75
	2 heures	+ 1,83		0,80		
	Coucher du Soleil	1,15		0,83		
Février......	L. du S.	— 1,51	1,64	1,33	1,67	1,63
	2 h.	+ 3,99		1,75		
	C. du S.	[illegible],45		1,94		
Mars........	L. du S.	0,63	4,42	4,20	4,89	4,81
	2 h.	7,38		5,04		
	C. du S.	5,35		5,43		
Avril........	L. du S.	4,69	8,95	8,35	9,29	9,19
	2 h.	12,37		9,47		
	C. du S.	[illegible], 9		10,03		
Mai.........	L. du S.	7,51	11,22	10,28	10,89	10,81
	2 h.	1[illegible],63		11,06		
	C. du S.	11,62		11,35		
Juin........	L. du S.	10,35	13,63	12,71	12,99	12,99
	2 h.	16,66		13,00		
	C. du S.	13,99		13,27		
Juillet......	L. du S.	10,59	14,29	13,46	13,83	13,78
	2 h.	17,38		13,93		
	C. du S.	14,90		14,10		
Août........	L. du S.	10,92	14,94	14,25	14,77	14,67
	2 h.	18,03		14,98		
	C. du S.	15,87		15,09		
Septembre...	L. du S.	9,29	12,76	12,49	13,16	13,04
	2 h.	15,43		13,40		
	C. du S.	13,55		13,59		
Octobre.....	L. du S.	5,62	8,54	8,22	8,78	8,72
	2 h.	10,74		8,90		
	C. du S.	9,26		9,23		
Novembre...	L. du S.	3,34	4,39	3,92	4,24	4,19
	2 h.	5,47		4,35		
	C. du S.	4,65		4,46		
Décembre...	L. du S.	— 0,77	0,29	0,44	0,44	
	2 h.	+ 1,16				
	C. du S.	0,49				
	Moyennes........................		+ 8,00		+ 7,98	8,35

ANNÉE 1799.

MOIS.	HEURES.	TEMPÉRATURES MOYENNES. AU NORD A L'OMBRE.		DANS L'ARBRE.	DANS L'ARBRE au lever et au coucher DU SOLEIL.
Janvier	Lever du Soleil 2 heures Coucher du Soleil	− 2,05 0,29 0,79	− 1,40	− 2,55	− 0,63
Février......	L. du S. 2 h. C. du S.	− 1,81 + 5,86 4,67	+ 4,15	+ 3,57	+ 1,43
Mars........	L. du S. 2 h. C. du S.	0,99 6,94 5,39	4,44	5,94	3,19
Avril........	L. du S. 2 h. C. du S.	3,61 8,23 6,67	6,17	6,34	5,14
Mai.........	L. du S. 2 h. C. du S.	6,81 12,70 10,65	10,53	9,43	8,72
Juin........	L. du S. 2 h. C. du S.	9,60 15,52 13,43	12,85	11,81	11,51
Juillet......	L. du S. 2 h. C. du S.	10,87 17,45 15,27	14,53	13,37	13,07
Août........	L. du S. 2 h. C. du S.	11,13 18,76 16,28	15,39	11,45	13,70
Septembre...	L. du S. 2 h. C. du S.	9,42 15,48 13,85	12,92	13,36	
Octobre.....	L. du S. 2 h. C. du S.	5,52 10,49 9,17	8,39	8,51	
Novembre...	L. du S. 2 h. C. du S.	2,05 4,70 3,81	3,55	3,77	
Décembre...	L. du S. 2 h. C. du S.	− 2,50 1,60 1,70	− 1,79	0,10	
	Moyennes.........................		+ 7,47	+ 7,34	

ANNÉE 1800.

MOIS.	HEURES.	TEMPÉRATURES MOYENNES. AU NORD A L'OMBRE.		DANS L'ARBRE.	DANS L'ARBRE au lever et au coucher DU SOLEIL.
Janvier	Lever du Soleil	+ 0,87	+ 2,23	+ 0,23	
	2 heures	0,60			
	Coucher du Soleil	»			
Février	L. du S.	0, 0	2,04	2,45	
	2 h.	4,09			
	C. du S.	»			
Mars........	L. du S.	— 0,29	2,70	4,07	
	2 h.	+ 5,70			
	C. du S.	»			
Avril.......	L. du S.	7,10	10,35	11,18	
	2 h.	13,60			
	C. du S.	»			
Mai.........	L. du S.	9,94	12,75	11,77	
	2 h.	15,56			
	C. du S.	»			
Juin........	L. du S.	9,39	12,26	12,48	
	2 h.	15,13			
	C. du S.	»			
Juillet......	L. du S	12,02	16,24	15,82	
	2 h.	20,47			
	C. du S.	»			
Août........	L. du S.	10,46	11,44	17,19	
	2 h.	20,43			
	C. du S.	»			
Septembre..	L. du S.	9,29	12,58	14,16	
	2 h.	15,88			
	C. du S.	»			
Octobre.....	L. du S.	4,42	7,02	8,00	
	2 h.	9,63			
	C. du S.	»			
Novembre...	L. du S.	4,76	5,84	5,19	
	2 h.	6,93			
	C. du S.	»			
Décembre...	L. du S.	0,07	1,18	0,90	
	2 h.	2,29			
	C. du S.	»			
	Moyennes....................		+ 8,38	+ 8,62	

Les résultats consignés dans les tableaux précédents mettent en évidence des conséquences importantes. Pendant les cinq années d'observations, la température moyenne annuelle au nord a été sensiblement égale à celle de l'arbre. En effet, on trouve en comparant les moyennes annuelles :

Années.		Température moyenne de l'air.	Température moyenne de l'arbre.
1796		+ 7,87	+ 7,65
1797		8,34	8,27
1798		8,00	7,98
1799		7,47	7,34
1800		8,38	8,62
	Moyennes,	+ 8,01	+ 7,97

La différence entre les deux moyennes n'étant que de 0,04 de degré, on doit en inférer que la température moyenne de l'arbre est rigoureusement égale à celle de l'air ; quant aux différences entre les températures mensuelles de l'air et celles de l'arbre, elles sont plus ou moins sensibles, suivant les saisons. Je les ai consignées ci-après pour en tirer diverses conséquences. Le signe + indique que l'excès est en faveur de l'air.

MOIS.	1796.	1797.	1798.	1799.	1800.
Janvier.......	+ 0,48	+ 0,13	+ 0,17	+ 1,12	+ 2,00
Février........	— 0,24	+ 1,60	— 0,03	+ 0,58	— 0,41
Mars..........	+ 0,27	— 0,02	— 0,47	— 1,50	— 1,37
Avril..........	— 0,70	— 0,54	— 0,34	— 0,17	— 0,83
Mai...........	+ 0,50	— 0,01	+ 0,33	+ 1,10	+ 0,98
Juin...........	+ 0,97	— 0,11	+ 0,64	+ 1,04	— 0,22
Juillet.........	+ 0,87	+ 1,60	+ 0,46	+ 1,16	+ 0,42
Août..........	+ 0,41	— 0,49	+ 0,17	+ 0,94	— 1,76
Septembre.....	— 0,01	— 1,26	— 0,40	— 0,44	— 1,58
Octobre.......	— 0,07	— 0,70	— 0,24	— 0,12	— 0,98
Novembre.....	+ 0,07	— 0,03	+ 0,15	— 0,22	+ 0,65
Décembre.....	+ 0,10	+ 0,30	+ 0,15	— 0,89	+ 0,28

Pendant les années 1796, 1798 et 1799, dans les mois de mai, juin, juillet et août, l'air a été plus chaud que l'arbre; les différences moyennes ont été

En 1796, de	0,69	
1798,	0,40	0,72 moyenne.
1799,	1,06	

En 1797, c'est le contraire; en 1800, deux fois l'air a été plus chaud, deux fois il l'a été moins.

Dans les années 1797, 1799 et 1800, les mois d'août, de septembre, d'octobre et de novembre ont donné des différences en faveur de l'arbre à deux exceptions près; mais non en décembre et janvier. Dans le mois de janvier, pendant

cinq ans la température de l'air a toujours été supérieure à celle de l'arbre.

En mars, à une exception près elle a été inférieure ; en avril toujours inférieure; en juillet, l'air a été supérieur; en septembre, inférieur; en octobre, inférieur; en novembre et décembre, il y a eu des alternatives. Ces irrégularités ne détruisent pas le fait général précédemment mis en évidence ; seulement les différences étant tantôt en plus, tantôt en moins, disparaissent dans les moyennes. Le tableau suivant donne les moyennes diurnes, pendant les mois de janvier et d'août 1797, et juillet 1798, époques de l'année où ont lieu les maxima et les minima, et par suite les plus grandes variations de température, afin de voir si la température de l'arbre a été sensiblement égale à celle de l'air pendant ces mois.

JANVIER 1797.

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR.				TEMPÉRATURE DE L'ARBRE			
	Lever du soleil.	2 heures.	Coucher du soleil.	Moyennes	Lever du soleil.	2 heures.	Coucher du soleil.	Moyennes
1	+ 3,5	+ 4,17	+ 4,5	+ 4,2	+ 3,0	+ 3,4	+ 3,5	+ 3,3
2	3,7	5,0	3,5	4,1	3,5	4,0	4,0	3,8
3	2,0	4,3	3,5	3,3	2,7	3,3	3,5	3,7
4	1,5	2,5	2,3	2,1	2,5	2,5	2,5	2,5
5	0,5	2,7	2,5	1,9	1,7	2,3	2,3	2,1
6	0,3	0,7	0,3	0,4	1,0	1,0	1,0	1,1
7	— 1,0	0,0	— 0,5	— 0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
8	1,7	— 1,5	2,3	1,8	— 0,3	— 0,3	— 0,3	— 0,3
9	2,7	1,7	2,0	2,1	0,5	0,5	0,5	0,5
10	3,0	1,5	2,3	2,3	0,5	0,5	0,5	0,5
11	2,5	1,0	1,5	1,7	0,5	0,5	0,5	0,5
12	2,0	0,7	1,7	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5
13	1,5	+ 1,5	+ 0,5	+ 0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
14	0,0	2,0	1,7	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5
15	+ 2,5	6,3	5,3	4,7	0,0	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,3
16	5,0	6,0	5,0	5,0	1,5	0,5	2,5	1,2
17	0,3	1,0	0,5	0,6	1,3	0,5	1,5	0,6
18	— 2,0	0,3	— 1,5	— 1,1	0,3	0,5	0,3	0,7
19	2,3	0,0	1,0	1,1	0,3	0,0	0,0	— 0,1
20	2,0	0,7	+ 1,5	0,6	0,3	0,0	0,0	0,1
21	4,0	2,0	1,0	0,3	0,5	— 0,3	— 0,3	0,4
22	3,7	3,3	1,3	+ 0,3	0,3	0,0	0,0	0,1
23	4,0	3,7	2,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,1
24	4,5	2,7	1,7	0,0	0,3	0,0	0,0	+ 0,2
25	1,0	4,5	2,3	1,9	0,0	+ 0,3	+ 0,3	0,4
26	0,5	2,3	1,5	1,1	+ 0,3	0,5	0,5	1,1
27	+ 0,7	3,0	2,0	0,4	0,5	1,3	1,5	1,1
28	— 1,5	0,7	— 1,3	— 0,7	1,0	1,0	1,0	0,8
29	0,0	3,7	+ 2,0	+ 1,9	0,5	1,0	1,0	0,3
30	— 3,3	2,7	1,5	0,3	0,0	0,5	0,5	0,2
31	2,0	2,0	1,5	0,5	0,0	0,3	0,3	
Moyennes.....	— 0,81	+ 1,99	+ 1,03	0,73	+ 0,29	+ 0,76	— 0,77	0,61

Température moyenne de l'air............ 0°03
Température moyenne de l'arbre.......... 0,60
Différence............... 0,57

AOUT 1797.

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR.				TEMPÉRATURE DE L'ARBRE			
	Lever du soleil.	2 heures.	Coucher du soleil.	Moyennes	Lever du soleil.	2 heures.	Coucher du soleil.	Moyennes
1	14°0	24°7	10°3	16°3	16°3	18°0	18°3	17°9
2	14,5	16,0	14,7	15,1	17,7	17,5	17,5	17,6
3	11,5	18,0	14,5	14,7	16,0	16,7	16,7	16,5
4	9,3	18,0	16,0	14,4	15,3	16,5	16,5	16,5
5	10,0	18,5	16,3	14,99	15,3	16,5	16,5	16,1
6	10,3	19,3	15,5	15,0	15,3	16,3	16,3	16,0
7	11,5	17,5	15,3	14,8	14,7	16,0	16,0	15,6
8	7,5	19,7	17,5	14,9	14,5	16,0	16,3	15,6
9	13,3	23,5	17,5	14,8	15,5	16,7	16,7	16,3
10	13,3	20,5	17,5	17,1	16,0	16,7	16,7	16,5
11	10,5	22,5	19,7	17,6	15,5	17,0	17,0	16,5
12	14,7	22,5	18,0	18,4	16,5	17,5	17,5	17,1
13	16,5	21,0	17,0	18,2	17,0	17,3	17,3	17,2
14	11,5	21,3	17,3	16,7	16,0	17,0	17,0	16,6
15	9,5	19,5	18,5	15,8	15,8	16,5	16,5	16,1
16	14,5	21,3	17,0	17,5	16,5	17,0	17,0	16,8
17	12,3	20,7	18,5	17,1	16,0	17,0	17,0	16,6
18	13,0	21,3	20,7	18,3	16,0	17,0	17,3	16,7
19	16,0	17,0	15,3	16,1	17,0	16,0	16,0	16,3
20	12,3	16,7	15,5	14,8	14,7	15,7	16,0	15,5
21	11,0	19,0	17,5	15,8	14,5	16,0	16,0	15,5
22	12,0	15,5	13,0	13,5	15,3	15,5	15,5	15,4
23	7,3	15,5	12,7	15,2	13,7	15,0	15,0	14,6
24	6,3	15,5	14,0	11,9	13,0	14,7	14,7	14,1
25	6,7	15,7	15,0	12,1	12,5	14,5	14,5	13,8
26	7,0	17,5	15,5	13,3	12 5	14,7	14,7	13,9
27	8,5	19,5	18,0	15,7	13,5	15,3	15,3	14,7
28	10,0	20,5	16,5	15,3	14,0	15,5	15,5	15,0
29	11,0	20,5	18,5	16,6	14,0	15,5	15,5	15,0
30	11,5	22,0	19,3	17,6	14,5	16,0	16,0	15,5
31	13,3	19,0	17,7	16,6	16,0	16,5	16,5	16,3
Moyennes.....	11,31	19,93	16,75	15,79	15,24	16,29	16,33	15,95

Température moyenne de l'air............ 15°79
Température moyenne de l'arbre.......... 15,95
Différence................ 0,16

JUILLET 1798.

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR.				TEMPÉRATURE DE L'ARBRE			
	Lever du soleil.	2 heures.	Coucher du soleil.	Moyennes	Lever du soleil.	2 heures.	Coucher du soleil.	Moyennes
1	13°5	21°	17°5	17°3	14°7	15°	15°3	15°
2	15,5	17,3	15,5	16,1	15	15,3	15,3	15,2
3	10	17	15,3	14,1	14,5	14,7	14,7	14,6
4	9,5	19,7	18,5	15,9	14	14,7	15,3	14,7
5	11	21,5	19	17,2	14,7	15	15,5	15,1
6	12,3	20	16,3	16,2	15	15,5	15,5	15,3
7	12	20,7	18,3	17	15	15,5	15,5	15,3
8	11	20	15,5	15,5	15	15,5	15,5	15,3
9	11	17	13,7	13,9	15	15	15	15
10	8,7	18,5	17,3	14,8	13,5	14,5	14,7	14,2
11	13,3	24	20,3	18,5	14,3	15	15,5	14,9
12	12,3	15	13	13,4	15,3	14,7	14,5	14,6
13	9,3	15,3	13	12,5	13,7	14	14,3	14
14	9	20	17	15,3	13	14	14,5	13,8
15	14	13	21,5	16,2	14,5	14,3	14,3	14,4
16	10	13,5	10,7	11,4	13,3	13,3	13,3	13,3
17	9,3	11,5	8,5	9,7	12	12	12	12
18	8,5	12	10	10,2	11	11	11,3	11,1
19	5,7	16,5	14,3	12,2	10,3	11,7	12	11,3
20	8,5	20	17,3	15,3	11,3	12,7	13,3	12,4
21	11,5	20	15	15,5	13	13,5	14	13,5
22	10,7	13	12	11,9	13,3	13,3	13,3	13,3
23	8	16,5	14,3	12,9	12	13	13,3	12,8
24	13	16,3	15,3	14,9	13	13,5	13,7	13,4
25	11,3	16	13,7	13,7	13	13,3	13,5	13,3
26	11	14,7	13	12,9	12,7	13,3	13,5	13,2
27	8	16,7	13,7	12,8	12,3	13,3	13,5	13
28	8,7	17,5	15,5	13,9	12,7	13,3	13,7	13,2
29	11,5	17,5	14,5	14,5	13,3	13,5	13,7	13,5
30	12	18,5	15	15,2	13,5	14	14,3	13,9
31	10	18,5	17,5	15,3	13,3	13,3	14,5	14,1
Moyennes....	10,69	17,38	14,9	14,29	13,46	13,93	14,1	13,83

Température moyenne de l'air............. 14°29
Température moyenne de l'arbre.......... 13,83
Différence.............. 0,46

Ces résultats montrent que dans le mois de janvier 1797 les températures moyennes ont été

		Différence.
Dans l'air, de	0°,73	+ 0°,12
Dans l'arbre	0°,61	

Pendant le mois d'août 1797 :

Dans l'air, de	15°,79	— 0°,16
Dans l'arbre	15°,95	

Pendant le mois de juillet 1798 :

Dans l'air, de	14°,29	+ 0°,46
Dans l'arbre	13°,83	

On voit que l'accord se soutient surtout en 1797; dans le mois de janvier 1797, le maximum de température dans l'air a eu lieu vers deux heures; dans l'arbre, la température au coucher du soleil diffère peu de celle de deux heures. Il en est de même dans le mois d'août.

On a réuni dans le tableau suivant les moyennes mensuelles observées à Genève de 1796 à 1800, à $0^m,081$ et à $1^m,29$ au-dessous du sol, ainsi que celles de l'air et de l'arbre, afin de les comparer ensemble et de voir si la température du sol intervenait ou non sur celle de l'arbre, abstraction faite toutefois des corrections qu'exigent les observations, quand le réservoir et la tige du thermomètre n'ont pas la même température.

MOIS.	HEURES.	ANNÉE 1796. THERMOMÈTRE PLACÉ EN TERRE à $0^m,081$.	Moyennes.	ANNÉE 1796. THERMOMÈTRE PLACÉ EN TERRE à $1^m,29$. Moyenn.	ANNÉE 1796. TEMPÉRATURE MOYENNE de L'ARBRE.	ANNÉE 1796. TEMPÉRATURE MOYENNE de L'AIR.	ANNÉE 1797. THERMOMÈTRE PLACÉ EN TERRE à $0^m,081$.	Moyennes.	ANNÉE 1797. THERMOMÈTRE PLACÉ EN TERRE à $1^m,29$. Moyenn.	ANNÉE 1797. TEMPÉ[RATURE] MOY[ENNE] de L'ARBRE.
Janvier.......	Lever du Soleil. 2 heures. Coucher du Soleil.	+ 1,12 2,66 2,85	+ 2,88	+ 3,28	+ 2°25	+ 2°73	+ 0,88 1,45 1,41	+ 1,25	+ 2,46	+ 0,6
Février	L. du S. 2 h. C. du S.	+ 1,78 4,38 4,20	3,46	2,92	2,41	2,17	+ 0,86 4,08 3,66	2,87	2,07	1,5
Mars............	L. du S. 2 h. C. du S.	+ 1,99 6,66 6,25	4,97	2,72	2,44	2,75	+ 2,73 7,87 7,24	5,98	3,32	4,1
Avril	L. du S. 2 h. C. du S.	+ 7,69 16,19 14,08	12,75	7,25	8,77	8,07	+ 8,46 14,72 13,27	12,15	7,49	9,
Mai.............	L. du S. 2 h. C. du S.	+10,42 17,50 15,30	14,40	10,50	19,09	10,59	+12,32 20,61 17,62	16,85	11,33	11,
Juin.............	L. du S. 2 h. C. du S.	+13,32 20,80 18,36	17,49	13,11	11,88	12,85	+11,54 18,52 15,84	15,30	12,92	11,
Juillet...........	L. du S. 2 h. C. du S.	+14,29 21,75 19,37	18,47	14,59	12,99	13,86	+16,43 33,47 17,45	22,45	15,43	11,
Août............	L. du S. 2 h. C. du S.	+15,51 23,56 20,79	19,95	16,27	14,63	15,04	+14,44 23,88 20,51	19,94	17,48	15
Septembre	L. du S. 2 h. C. du S.	+12,80 19,95 18,18	16,98	15,16	13,50	13,49	+10,54 16,86 14,92	14,14	15,25	13
Octobre.........	L. du S. 2 h. C. du S.	+ 7,96 11,27 10,56	9,93	11,90	8,88	8,81	+ 6,44 10,89 9,42	8,92	9,42	8
Novembre.......	L. du S. 2 h. C. du S.	+ 3,82 6,03 4,68	5,18	7,55	4,16	4,23	+ 3,27 5,47 5,16	4,63	7,73	[illegible]
Décembre.......	L. du S. 2 h. C. du S.	+ 0,05 0,85 0,80	0,57	3,09	− 0,19	+ 5,03	+ 0,85 2,27 2,16	1,76	5,03	[illegible]
	Moyennes....................		+10,50	+ 9,06	+ 7,65	+ 7,87		+ 10,50	+ 9,16	+ [illegible]27

ANNÉE 1798.				ANNÉE 1799.			ANNÉE 1800.		
THERMOMÈTRE ...ACÉ EN TERRE		TEMPÉRATURE MOYENNE		THERMOM. placé EN TERRE à $1^m,29$. — Moyennnes.	TEMPÉRATURE MOYENNE		THERMOM. placé EN TERRE à $1^m,29$. — Moyennes.	TEMPÉRATURE MOYENNE	
...^{m},081. — ...yennes.	à $1^m,29$. — Moyennes.	de L'ARBRE.	de L'AIR.		de L'ARBRE.	de L'AIR.		de L'ARBRE.	de L'AIR.
+ 0,60	+ 2,63	+ 0,77	+ 0,94	+ 2,12	— 2,55	— 1,40	+ 3,95	+ 0,23	+ 2,23
0,77	1,66	1,67	1,64	2,04	+ 3,57	+ 4,15	3,87	2,45	2,04
7,09	3,79	4,69	4,42	3,56	5,94	4,44	4,12	4,07	2,70
12,86	7,36	9,29	8,95	4,56	6,34	6,17	6,63	11,58	0,55
16,03	11,17	10,89	11,22	6,88	9,43	10,53	9,91	11,77	12,75
18,92	14,30	12,99	13,63	10,52	11,81	12,87	11,36	12,48	12,26
19,11	15,23	13,83	14,29	22,98	13,37	14,53	13,43	15,82	16,21
20,02	15,73	14,77	14,94	13,72	14,45	15,39	12,18	17,19	15,44
15,83	14,55	13,16	12,76	13,26	13,36	12,92		14,16	12,58
10,89	10,94	8,78	18,54	10,93	8,51	8,39		18,00	7,02
5,26	7,57	4,24	4,39	8,17	3,77	3,55	8,35	15,19	5,81
1,78	4,31	0,44	0,29	5,82	10,10	— 0,79	5,80	10,90	1,18
+10,73	+ 9,12	+ 7,98	+ 8,00	+ 8,71	+ 7,34	+ 7,47		+ 8,62	+ 8,38

Les observations précédentes font voir que pendant les mois d'hiver (décembre, janvier et février) la température de la terre à $1^m,29$ au-dessous du sol est supérieure à celle de l'arbre; qu'au printemps, c'est l'inverse; qu'en été, suivant les années, tantôt la température de la terre est supérieure, tantôt elle est inférieure à celle de l'arbre, et qu'en automne elle est toujours supérieure.

Doit-on en conclure, comme l'ont fait M. de Candolle et d'autres physiologistes, que ces effets sont dus uniquement à l'eau aspirée par les racines, qui s'étendent jusqu'à cette profondeur; laquelle eau possède en hiver une température plus élevée que celle de l'air? C'est une question que je traiterai dans le courant de ce Mémoire. Je me bornerai à dire, pour l'instant, que l'influence de la température de l'eau aspirée par les racines ne saurait être mise en doute si la séve est en mouvement. Mais il faut tenir compte encore de la chaleur dégagée dans les réactions chimiques qui ont lieu dans les tissus et de la température des eaux pluviales, suivant que ces eaux tombent plus abondamment dans une saison que dans une autre. Si ces eaux tombent en été, elles tendent à réchauffer le sol; si c'est en hiver, elles le refroidissent au contraire. Quoi qu'il en soit, comme on en trouvera de nouvelles preuves dans le cours de ce travail, la cause principale de la chaleur végétale réside presque en entier dans l'atmosphère, qui tend à mettre en équilibre de température avec elle tous les corps qui s'y trouvent plongés.

On trouvera encore ci-après la température moyenne par saison dans la terre à $1^m,29$ au-dessous du sol, dans l'air et dans l'arbre.

TEMPÉRATURE MOYENNE DES SAISONS

à $1^{m},29$ au-dessous du sol, dans l'air et dans l'arbre.

TEMPÉRATURE moyenne DES SAISONS.	ANNÉE 1796.			ANNÉE 1797.			ANNÉE 1798.			ANNÉE 1799.			ANNÉE 1800.		
	TEMPÉRATURE à $1^{m},29$ au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE de l'arbre.	TEMPÉRATURE de l'air.	TEMPÉRATURE à $1^{m},29$ au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE de l'arbre.	TEMPÉRATURE de l'air.	TEMPÉRATURE à $1^{m},29$ au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE de l'arbre.	TEMPÉRATURE de l'air.	TEMPÉRATURE à $1^{m},29$ au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE de l'arbre.	TEMPÉRATURE de l'air.	TEMPÉRATURE à $1^{m},29$ au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE de l'arbre.	TEMPÉRATURE de l'air.
Hiver. Décembre. Janvier.... Février ...	3°10	2°33	2°45	2°54	0°67	1°10	3°12	1°76	1°92	2°82	0°49	1°01	4°55	0°92	1°16
Printemps Mars...... Avril ..... Mai.......	6,82	7,10	7,20	7,38	8,29	8,43	7,44	8,36	6,00	6,00	7,24	7,05	6,55	9,40	8,60
Été. Juin...... Juillet..... Août.....	14,66	13,17	13,92	15,28	13,90	14,23	15,12	13,86	15,74	15,74	13,21	14,26	12,32	15,16	14,65
Automne. Septembre Octobre... Novembre.	11,51	8,84	8,84	10,80	9,10	8,53	11,02	8,73	10,70	10,70	8,55	8,20	»	9,12	8,48
Moyennes.	9,00	7,86	8,10	9,00	8,01	8,07	9,00	8,18	9,17	9,17	7,37	7,65	»	8,65	8,22

Les moyennes températures des saisons, de l'air et de l'arbre diffèrent peu entre elles.

En 1796, différence	+ 0,24
1797	+ 0,06
1798	+ 0,17
1799	+ 0,28
1800	— 0,43
Moyenne	+ 0,12

On peut dire que les températures moyennes de l'air et de l'arbre, à chacune des saisons, sont sensiblement égales.

Quant à la température moyenne à $1^{m},29$ au-dessous du sol, elle est toujours plus forte que celle de l'air ; en effet :

Excès en 1796	+ 0,90
1797	+ 0,93
1798	+ 0,65
1799	+ 1,52
Moyenne	+ 1,0

La température moyenne à $0^{m},081$ (p. 36, 37) a un excès plus considérable sur celle de l'air, comme le tracé graphique le montre.

§ IV. — *Du tracé graphique des observations faites à Genève.*

Pour mieux saisir l'ensemble des rapports qui lient entre elles les températures de l'air et celles des arbres, observées simultanément à Genève, nous avons fait le tracé graphique des moyennes des résultats obtenus, en prenant

pour abscisses les heures, et pour ordonnées les températures moyennes.

Les courbes (pl. I, fig. 1) des moyennes mensuelles de l'air et de l'arbre de 1796 à 1800 montrent que les variations de température dans l'arbre suivent celles dans l'air; bien que ces courbes ne coïncident pas ensemble, cela résulte de ce que la moyenne annuelle des températures observées au nord est précisément égale à la moyenne annuelle des températures de l'arbre, et que les températures moyennes mensuelles sont aussi à peu près les mêmes à un ou deux dixièmes près.

Je citerai entre autres en 1796 celles des mois de mars, août, septembre, octobre, novembre et décembre; en 1797, celles des mois de janvier, mars, juin, novembre et décembre; en 1798, les températures moyennes des mois de janvier, février, avril, août, octobre, novembre et décembre; en 1799, celles des mois d'avril, octobre, novembre, et en 1800 celles enfin des mois de mai et décembre.

En général, c'est vers l'automne où l'on arrive près de l'égalité, comme l'indique également le tracé graphique.

Le tracé des moyennes annuelles des cinq années susmentionnées (fig. 2, pl. II) donne deux courbes presque identiques.

Les courbes (fig. 3 et 4, pl. II) des températures moyennes des deux mois de janvier et d'août 1797, du mois le plus froid et le plus chaud de l'année, observées également dans l'air et dans l'arbre au lever du soleil, à deux heures de l'après-midi et au coucher du soleil, ont été tracées également dans le but de voir si l'arbre se mettait promptement en équilibre de température avec l'air, quand ce dernier éprouvait de grandes variations de température.

On voit, en jetant les yeux sur ces courbes, que, tandis que celles de la température de l'air, en hiver et en été, quand la température ne descend pas au delà de 4 à 5° (Réaumur) pendant peu de temps, présentent de grandes inflexions, celles de l'arbre ont des allures uniformes, de telle sorte toutefois que lorsque les températures de l'air sont descendantes ou ascendantes, celles de l'arbre le sont également; mais dans des limites beaucoup plus restreintes, avec cette condition toutefois que les températures moyennes de l'air et celles de l'arbre pendant ces deux mois présentent de faibles différences entre elles; en effet :

Janvier, moyenne de l'air	0°,73
Id. dans l'arbre	0°,61
Différence	0°,12
Août, moyenne de l'air	15°,79
Id. dans l'arbre	15°,95
Différence	—0°,16

La fig. 1, pl. I, représente les courbes des températures moyennes de l'air et de l'arbre et de la terre à 0^{m},081 et à 1^{m},30 au-dessous du sol, de 1796 à 1800. Ces courbes permettent de comparer la marche des températures au-dessous du sol à celles de l'air et de l'arbre.

§ V. — *Des variations diurnes de température dans l'air et dans l'arbre.* (Observations de Genève.)

Nous sommes amené naturellement à parler des variations diurnes dans l'air et dans l'arbre.

Les tableaux suivants, qui donnent les variations pendant les années 1796, 1797 et 1798, en feront connaître la marche :

ANNÉE 1796.

MOIS.	DIFFÉRENCE entre la température moyenne au coucher et celle au lever du soleil dans l'air.	DIFFÉRENCE entre la température moyenne au coucher et celle au lever du soleil dans l'arbre.	DIFFÉRENCE entre la température moyenne au coucher et celle au lever du soleil, le lendemain, dans l'air.	DIFFÉRENCE entre la température moyenne au coucher et celle au lever du soleil, le lendemain, dans l'arbre.
	°	°	°	°
Janvier.....	+ 2,84	+ 0,95	+ 2,67	+ 0,75
Février.....	+ 1,70	+ 0,85	+ 3,41	+ 1,12
Mars.......	+ 4,92	+ 1,35	+ 0,86	— 4,57
Avril.......	+ 6,59	+ 2,10	+ 2,65	+ 0,05
Mai........	+ 4,09	+ 0,86	+ 1,87	— 1,12
Juin........	+ 4,29	+ 0,61	+ 3,27	— 0,41
Juillet......	+ 4,23	+ 0,75	+ 2,89	— 0,95
Août.......	+ 3,88	+ 0,61	+ 6,22	+ 2,08
Septembre...	+ 5,42	+ 1,18	+ 7,70	+ 5,46
Octobre.....	+ 2,12	+ 0,81	+ 5,46	+ 5,22
Novembre...	+ 2,12	+ 0,12	+ 6,13	
Décembre...	+ 1,77	+ 0,20		
Moyenne....	+ 3,66	+ 0,86	+ 3,93	+ 0,84

Rapport entre la variation de température au coucher du soleil dans l'air et dans l'arbre.................... 4,25

Rapport entre la variation de température au coucher et au lever du soleil le lendemain.................. 4,6

ANNÉE 1797.

	°	°	°	°
Janvier.....	+ 1,84	+ 0,48	+ 1,66	
Février......	+ 2,20	+ 0,87	+ 1,36	— 0,34
Mars.......	+ 4,94	+ 1,34	— 0,14	— 1,41
Avril.......	+ 4,26	+ 1,55	+ 0,71	— 3,86
Mai........	+ 3,95	+ 1,23	+ 4,21	— 0,16
Juin........	+ 2,21	+ 0.66	— 1,12	— 0,85

ANNÉE 1797 (*Suite*).

Juillet......	+ 5,06	+ 0,77	+ 5,66	— 2,86
Août........	+ 5,44	+ 1,09	+ 7,79	— 0,23
Septembre...	+ 3,94	+ 1,20	+ 6,81	+ 3,71
Octobre.....	+ 2,43	+ 0,87	+ 4,89	+ 5,44
Novembre...	+ 1,90	+ 0,53	+ 3,70	+ 4,52
Décembre....	+ 1,47	+ 0,66		+ 2,68
Moyenne..	+ 3,30	+ 0,93	+ 3,20	+ 0,60

Rapport entre les moyennes des deux premières colonnes.. 3,54
Rapport entre les moyennes des deux dernières colonnes.. 5,30

ANNÉE 1798.

Janvier.....	+ 1°,32	+ 0°,15	— 0°,36	— 0°,70
Février.....	+ 3,96	+ 0,61	+ 1,92	— 2,26
Mars.......	+ 4,82	+ 1,23	+ 0,76	— 2,92
Avril.......	+ 5,71	+ 1,67	+ 2,39	— 0,25
Mai........	+ 4,11	+ 1,07	+ 1,27	— 1,36
Juin........	+ 3,64	+ 0,56	+ 3,40	— 0,19
Juillet......	+ 4,31	+ 0,64	+ 3,98	— 0,17
Août.......	+ 4,95	+ 0,84	+ 6,58	+ 2,60
Septembre...	+ 4,26	+ 1,10	+ 7,93	+ 5,37
Octobre.....	+ 3,64	+ 1,01	+ 5,92	+ 5,31
Novembre...	+ 1,31	+ 0,41	+ 9,82	
Décembre...	+ 1,26	» »		
Moyenne....	+ 3,58	+ 0,97	+ 3,14	+ 0,51

Rapport entre les nombres des deux premières colonnes.. 3,70
Rapport entre les nombres des deux dernières colonnes... 3,54

Des résultats consignés dans les tableaux précédents on tire les conséquences suivantes :

1° Pendant les années 1796, 1797 et 1798, les moyennes variations de température dans l'air, au nord, ont été plus grandes que celles de la température dans l'arbre:

	En 1796.	En 1797.	En 1798.
Dans l'air,	3°,66,	3°,30,	3°,58,
Dans l'arbre,	0°,86,	0°,93,	0°,97.

En moyenne dans l'air........................ 3,51
En moyenne dans l'arbre........................ 0,82

Quoique la température moyenne soit la même dans l'air et dans l'arbre, néanmoins, les variations de température dans l'arbre sont beaucoup moindres que dans l'air, comme je l'ai déjà dit précédemment; l'arbre conserve donc plus longtemps sa chaleur acquise.

Le tracé des courbes des variations de température, dans l'air et dans l'arbre, pendant l'année 1797, montre immédiatement qu'il y a une différence dans l'étendue de ces variations; elles sont beaucoup plus considérables dans l'air que dans l'arbre : ainsi, bien que la température moyenne annuelle soit la même, néanmoins, la température de l'arbre n'éprouve pas des changements aussi étendus que celle de l'air; et cela entre des limites qui dépendent du diamètre de l'arbre. On trouvera, pl. I, fig. 2 et 3, le tracé graphique des variations de température dans l'air et dans l'arbre en janvier et août 1797.

Les observations de Genève mettent encore en évidence deux faits importants : le premier est relatif au maximum de température dans l'air, le second à celui dans l'arbre; suivant la saison, le maximum a lieu de 2 à 3 heures; dans

l'arbre; la température continue à monter, quoique faiblement, de 2 heures au coucher du soleil, dernier terme des observations. Le maximum se montre plus tard, comme nous le dirons plus loin.

Les tableaux des pages 25 et suivantes montrent que dans l'arbre il suffit de prendre la moyenne des températures au lever et au coucher du soleil pour avoir à peu près exactement celle des trois observations au lever du soleil, à 2 heures après midi, et au coucher du soleil, ce qui revient à dire que l'on a la température moyenne de 2 heures.

J'ai cherché ensuite la différence entre la température moyenne au coucher du soleil et celle au lever, le lendemain, à l'air, afin de voir si cette différence, qui est la variation pendant la nuit, était plus grande ou plus petite que celle des températures correspondantes dans l'arbre. Ce moyen a permis de voir si l'arbre, pendant cet intervalle de temps, se refroidissait autant que l'air. Les deux dernières colonnes des tableaux des pages 43 et 44 donnent les résultats pour les années 1796, 1797 et 1798. Pendant ces trois années, la variation a été pendant la nuit, dans l'air, en moyenne de 3,42, dans l'arbre de 0,73, c'est-à-dire 4,68 fois plus grande dans l'un que dans l'autre.

§ VI. — *Observations de Neuffer et de Halder, de M. Rameaux et de MM. Bravais et Thomas.*

En 1826, M. le docteur Neuffer publia le résultat de recherches qu'il avait entreprises sur les changements de température dans les végétaux. (Ouvrage in-8°, Tubingue

1829. *Bulletin des sciences naturelles et de géologie*, t. XX, p. 260.)

En 1826, M. Halder, dans une thèse sur la température des végétaux, avait avancé que les arbres se trouvaient quelquefois en hiver à une température inférieure au point de congélation, et passaient même à l'état de congélation sans que leur vie en souffrît. L'hiver de 1827 à 1828 ayant été rigoureux, on fit à Tubingue des expériences pour vérifier si ces assertions étaient exactes.

On observa la température d'un peuplier pendant toute l'année 1828; les résultats furent peu différents de ceux que l'on avait obtenus dans le jardin botanique de Genève, et dont il a été parlé précédemment.

Au commencement de janvier, la température de l'arbre était plus élevée de 10° que celle de l'air.

En février, la température de l'air et celle de l'arbre étaient à peu près égales.

Celle de l'arbre était plus élevée en mars, avril, mai, tandis que celle de l'air l'était plus dans les autres mois de l'année.

Lorsque le dégel eut lieu, la température de l'arbre était de 4° et même 8° au-dessus de celle de l'air. L'auteur attribue à l'évaporation le degré moins élevé de température de l'arbre qu'il avait observé.

Au printemps, l'évaporation, dit-il, est moins grande, et la séve apporte la température moyenne de la terre.

Ces observations, faites pendant deux hivers, ont fait voir que le thermomètre, dans l'intérieur des arbres, peut descendre au-dessous de zéro sans que la végétation en souffre; il est descendu même jusqu'à — 15° et — 17°,7 dans quelques jeunes arbres.

Le 26 janvier 1829	— 17°,7
Le lendemain	+ 2°,5

Le changement ne fut pas aussi subit dans l'air, qui, le second jour, avait encore une température au-dessous de zéro.

On coupa plusieurs arbres et on les vit gelés par cercles concentriques jusqu'à une certaine profondeur. Dans les six arbres coupés, le bois était gelé aux profondeurs moyennes suivantes :

	Lignes.
Æsculus hippocastanum	8,2
Abies excelsa	12,5
Acer pseudo-platanus	15,2
Fraxinus excelsior	16,8
Corylus avellana	16,9
Salix fragilis	17,3
L'eau, dans un étang du voisinage, était gelée à une profondeur de	8,8

Le froid avait pénétré en partie, en raison directe de la quantité d'eau contenue. Des résultats plus certains furent obtenus en examinant les couches concentriques des différents arbres, et d'où il est résulté que l'abaissement de température s'est fait sentir dans les couches les plus rapprochées.

Les résultats que je viens de mentionner sont déduits d'observations qui paraissent faites sans suite, en sorte que l'on n'en peut conclure aucune loi.

Recherches de M. Rameaux sur la température végétale.

On doit à M. Rameaux, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, des recherches importantes sur les tem-

pératures végétales, dont les résultats généraux se trouvent consignés dans les *Annales des sciences naturelles* (2e série, t. XIX, Botanique, p. 1). Il pratiquait obliquement, dans le tronc et dans les branches des arbres, des trous de profondeurs diverses, dont les ouvertures étaient fermées avec des bouchons portant des thermomètres; tous les joints étaient calfeutrés; les bouchons, en outre, étaient recouverts d'une couche épaisse de mastic. Quand il observait, il tirait avec précaution le thermomètre par sa tige, jusqu'à ce qu'il vît la colonne de mercure. L'opération terminée, il redescendait le réservoir de l'instrument au fond du trou.

Ce mode d'observation n'est pas très-exact, vu la difficulté de soustraire l'intérieur des trous aux influences calorifiques de l'air, qui finit toujours par y pénétrer. Néanmoins, les résultats obtenus peuvent servir à éclairer la question des températures végétales, surtout quand les observations ont été faites avec soin, et le plus rapidement possible.

Les arbres ont été forés du nord au sud. M. Rameaux a d'abord expérimenté sur un jeune peuplier qui avait été percé jusqu'au centre, de mètre en mètre, à partir de 0m,30 au-dessus du sol; les diamètres des sections correspondantes à chacun des quatre thermomètres étaient 0m,26, 0m,21, 0m,21. Une première série d'observations eut lieu du 11 au 15 septembre, avant le lever du soleil jusque après son coucher. Leur analyse a donné les résultats suivants :

1° La température centrale du tronc du peuplier à toutes les hauteurs augmentait pendant le jour et diminuait pendant la nuit. Elle différait toujours d'une section à une autre.

2° Avant le lever du soleil, et même quelque temps après, la température centrale décroissait du pied de l'arbre à son sommet. Le contraire avait lieu dans le reste de la journée.

3° Dans le jour, la température d'une section l'emportait d'autant plus sur la température des sections inférieures que la chaleur ambiante était plus forte. Ces différences atteignaient leur maximum vers le coucher du soleil, puis elles diminuaient graduellement, s'effaçaient peu à peu et finissaient par prendre des signes contraires.

4° Pendant la nuit, la température d'une section quelconque était d'autant plus élevée que celle des sections situées au-dessus d'elles était plus basse que la température ambiante. Les différences atteignaient le maximum vers le lever du soleil, puis elles diminuaient assez rapidement et finissaient par prendre des signes contraires.

5° Le matin, avant le lever du soleil, la température centrale de l'arbre dans ces quatre sections était inférieure à celle du sol à la profondeur moyenne des racines ; pendant la journée, c'était le contraire.

M. Rameaux rapporte que, pendant les cinq jours qui suivirent les cinq jours précédents où eurent lieu les observations, il y eut des brouillards, des nuages, ou de la pluie, et les nuits furent souvent couvertes; dans ces différents cas, les sections de l'arbre tendaient à prendre la même température. La température devenait croissante avec la hauteur.

D'autres observations furent faites également pendant peu de jours sur deux peupliers voisins, d'inégale grosseur, situés dans des conditions extérieures semblables. Le résultat fut celui-ci : toutes choses identiques d'ailleurs, les par-

ties végétales qui ont le même diamètre éprouvent simultanément les mêmes variations de température et arrivent en même temps à des températures stationnaires égales.

Il arrive enfin à la conclusion suivante : la chaleur du dehors est, sinon la source unique, du moins une cause tellement prédominante des températures végétales, que ces effets l'emportent sur ceux de toutes les autres causes. D'où il suit, ajoute M. Rameaux, que, s'il en est ainsi, la température d'un arbre doit, dans chaque section, augmenter de la surface au centre pendant le jour quand la chaleur ambiante est élevée ; elle doit diminuer, au contraire, du centre à la surface pendant la nuit.

L'auteur ne pensait pas toutefois que la chaleur des plantes fût due uniquement aux causes extérieures agissant directement sur les parties végétales exposées à l'air libre, et croyait qu'il fallait encore faire intervenir l'influence de la température de la séve ascendante. Voici les deux procédés qu'il a employés pour mettre en évidence cette influence :

Ayant pris deux arbres de même essence, de même grosseur et semblablement placés, il observa les températures centrales dans deux sections de même diamètre ; puis il fit mourir l'un de ces arbres, sans le couper ou le déraciner, par empoisonnement ou l'action d'un acide. Ces observations furent continuées sans interruption, afin de pouvoir comparer les températures dans les deux cas.

Le second procédé consistait à ébrancher brusquement l'arbre resté vivant et à comparer de nouveau les températures de ces arbres ; ou bien à ébrancher l'un des arbres et à laisser l'autre intact.

Voici les résultats obtenus :

Lorsque les deux arbres avaient la même vitalité, la température était semblable;

Quand l'un des arbres était mort, sa température l'emportait sur celle de l'arbre vivant; la différence s'accroissait pendant la journée jusque vers le soir, et son maximum était vingt fois plus fort que celui observé dans le premier cas. De là, l'auteur conclut que, dans l'arbre mort, il existe des conditions particulières qui favorisent l'action des causes calorifiques extérieures, ou bien qu'il y a dans l'arbre vivant des conditions spéciales qui neutralisent en partie l'énergie de ces causes.

Quant au cas où l'un des arbres était mort et l'autre ébranché, ce dernier prenait du jour même de l'ébranchage une température supérieure de huit ou dix degrés à celle qu'il avait avant sous les mêmes influences extérieures, température qui tendait à s'équilibrer avec celle de l'arbre mort.

M. Rameaux a attribué les effets soudains de l'ébranchage à l'absence de la séve ascendante, en disant que la séve arrivant du sol avec la température que celui-ci possède à la profondeur où se trouvent les racines, doit augmenter ou diminuer la température des parties qu'elle traverse, suivant que ces parties ont une température moindre ou plus forte; ainsi, moins il y aura de séve ascendante, moins la température des arbres sera modifiée, et plus cette température obéira aux influences extérieures; l'ébranchage produisant un effet de ce genre, on est porté à croire, ajoute-t-il, qu'en annulant l'évaporation, on met obstacle à l'ascension de la séve, et l'arbre se trouve dans les mêmes conditions calorifiques que l'arbre mort.

Il est à regretter que le Mémoire de M. Rameaux, qui du

reste est intéressant, ne contienne que des aphorismes et peu de déterminations numériques, faites seulement pendant quelques jours. Quand il s'agit d'établir des principes, il faut, je le répète, mettre sous les yeux des lecteurs des déterminations recueillies pendant des mois, des années, avec des moyennes diurnes, mensuelles et annuelles, au moyen desquelles on établit les principes qui s'en déduisent; il faut encore les traduire graphiquement pour que l'œil puisse en saisir l'ensemble et en déduire les conséquences qui en découlent.

Observations de MM. Bravais et Thomas dans le nord de l'Europe.

Des expériences ont été faites par M. Bravais à Bossekop, et M. Thomas à Kaafiord, dans l'hiver de 1839 à 1840, sur la température intérieure des pins (*Voyage en Scandinavie et en Laponie, etc.*, partie *géographie et botanique,* t. II, 1re partie, p. 217); les résultats qu'ils ont obtenus sont du plus grand intérêt.

Un thermomètre à mercure avait été fixé dans l'intérieur d'un tronc de pin silvestre, la boule au centre; le trou fut bouché hermétiquement avec du suif fondu. Le diamètre de l'arbre à la hauteur où l'on observait le thermomètre était de $0^m,16$. M. Bravais, qui observait tous les jours le thermomètre, reconnut que les températures suivaient dans l'intérieur du tronc la courbe des températures de l'air avec un retard de 8 à 12 heures. Si le diamètre de l'arbre eût été plus fort, le retard eût été plus grand.

Le minimum observé dans l'arbre a été de $-22^\circ,7$; celui

qui correspondait dans l'air était de — 23°,5. Suivant M. Bravais, l'arbre paraissait se comporter à peu près comme le ferait un tronc mort, debout, d'égal diamètre et pareillement exposé à l'air. Ces expériences montrent en outre que l'arbre vivant a pu résister aux plus grands froids de l'hiver, quoique pénétrant jusque dans son intérieur.

M. Thomas avait placé deux thermomètres dans deux gros troncs de pin, placés à côté l'un de l'autre. L'un de ces arbres était mort, quoique encore debout; l'autre était plein de vie. Dans le cours du mois d'octobre, de novembre et décembre 1839, le thermomètre descendit à — 8°,2; —15°,0; et s'éleva à + 6°,6; + 9°,0; comme dans les observations de M. Bravais, la courbe des températures des arbres suivait celle de l'air; mais la moyenne dans l'arbre vivant a été constamment un peu supérieure à celle dans l'arbre mort.

Différences moyennes entre la température d'un pin vivant et celle d'un pin mort d'égal diamètre.

Octobre	0°,63
Novembre	0,41
Décembre	0,27

On peut conclure de toutes ces expériences que le froid pénètre jusque dans le centre des arbres vivants, comme dans celui des arbres morts; que dans le pin vivant la température, par les grands froids, est un peu plus élevée, soit parce que la séve monte quelquefois même par des températures moyennes de l'air inférieures à zéro, et réchauffe l'intérieur de l'arbre en se congélant, soit parce que la chaleur

du sol, comme c'est le cas dans le nord de l'Europe, étant supérieure à celle de l'air, communique à la séve une partie de sa chaleur propre. Ce n'est là toutefois qu'une supposition.

§ VII. — *De la production de chaleur dans les fleurs.*

Partout où il y a vie, il se produit de la chaleur, parce qu'elle ne peut exister sans qu'il y ait dans les tissus des réactions chimiques qui sont des sources de chaleur d'autant plus grandes que ces réactions sont plus énergiques.

Les feuilles et les fleurs sont les parties des plantes où le dégagement de chaleur doit être le plus marqué, puisque ces organes sont ceux dans lesquels la consommation de l'oxygène est la plus grande.

M. T. de Saussure (De l'action des fleurs sur l'air et de leur chaleur propre, dans *Annales de chimie et de physique*, 1822) a le premier étudié avec exactitude ce phénomène dans les fleurs, en plaçant les dernières dans un récipient rempli d'air atmosphérique et reposant sur du mercure, et dont elles n'occupaient que la deux-centième partie. M. de Saussure mesurait la quantité d'acide produit, en la comparant avec le volume de la fleur mise en expérience pendant vingt-quatre heures, la température extérieure étant entre 18 et 25°.

Les résultats obtenus prouvent que les fleurs détruisent plus d'oxygène que les feuilles dans l'obscurité, et que toutes les parties dont elles se composent ne possèdent pas cette faculté au même degré. Les organes sexuels consomment plus d'oxygène que les autres parties; ainsi ceux du *Cheiranthus*

incanus ont absorbé 18 fois leur volume d'oxygène, tandis que la feuille entière n'en a absorbé que 11 1/2.

Ceux de la capucine 6,3 au lieu de 8,3.

Les effets sont plus marqués dans les fleurs simples que dans les fleurs doubles. Les organes mâles détruisent plus d'oxygène que les organes femelles.

La plante qui agit avec le plus d'intensité sur l'oxygène est l'*Arum vulgare ;* M. de Candolle a trouvé que le cornet détruit 5 fois son volume de gaz oxygène; la massue 30 fois, et, dans la partie qui porte les organes sexuels, l'effet a été jusqu'à 32 fois.

Cette absorption d'oxygène est liée à la chaleur que le spadice dégage à une époque déterminée de la floraison.

La chaleur de l'Arum a été constatée en premier lieu par Lamarck et de Candolle (*Physiologie végétale*, t. II, p. 551 et 552). M. de Candolle l'a observée aussi fréquemment à Montpellier; il a vu que l'émission de chaleur n'a lieu qu'une fois pour chaque chaton, qu'elle commence vers 3 heures de l'après-midi, atteint son maximum vers 5 heures et cesse à 7 heures. Suivant Sennebier, l'élévation de température est de 7° au-dessus de la température ambiante. D'après M. de Saussure, ce phénomène est plus rare dans cette plante. Schultz (*Nat. der lebendigen Pflanze,* II, § 187), qui a observé le phénomène pendant dix ans, a trouvé que la production de chaleur a lieu entre 6 et 7 heures du soir. Dans la fleur d'un *Caladium pinnatifidum* vigoureux, l'élévation de température a été de 19 à 20°, celle de l'air étant de 15°.

Je pourrais citer plusieurs autres faits semblables qui démontrent la production de la chaleur dans les fleurs.

M. de Candolle attribue ce phénomène à la combinaison

de l'oxygène de l'air avec le carbone de la plante, d'où résulte une véritable combustion; cette assertion étant vraie, on doit le retrouver à des degrés différents dans presque toutes les fleurs; pour l'observer M. de Candolle a fait usage d'un thermoscope très-sensible. Les principaux résultats ont été observés sur le *Cucurbita melopepo*. Les fleurs mâles lui ont donné, entre 7 et 8 heures du matin, une élévation de température de 0°,5; les fleurs femelles en donnent moins. Les effets sont moins marqués avec les fleurs du *Cucurbita pepo*.

M. Murray (*Experimental Researches of the painted corolla of the flowers*, in-8°, London, 1824) prétend que l'élévation de température est en rapport avec la couleur des fleurs.

MM. Van Beck et Bergsma se sont servis, pour étudier la température des fleurs, des procédés thermométriques que j'avais employés en 1836 et 1837 pour la détermination de la température des animaux : ils ont pris à cet effet deux aiguilles formées, l'une d'un fil de platine, l'autre d'un fil d'acier, soudés à un de leurs bouts et mis en rapport par les deux bouts libres avec un multiplicateur : ils observaient en même temps la température du milieu ambiant avec un thermomètre placé à côté de la fleur, en disposant convenablement des écrans pour éviter les effets de tout rayonnement extérieur.

Ils ont obtenu les résultats suivants :

1° Le dégagement de chaleur dans les fleurs du *Colocasia odorata* a lieu sur toute la surface visible du spadice, quoique avec une intensité différente dans ses diverses parties;

2° Après l'épanouissement de la spathe, un dégagement

de chaleur a lieu dans les fleurs mâles à un degré plus élevé que dans les autres parties du spadice à la même époque;

3° Lors de l'émission du pollen, une augmentation de chaleur se manifeste dans les fleurs mâles avortées qui forment le cône charnu ou glanduleux du spadice, tandis que la température diminue en se rapprochant de celle de l'atmosphère : le dégagement de chaleur de cette partie constitue une seule période de plusieurs jours, tandis que celui des fleurs mâles avortées offre plusieurs périodes distinctes et particulières jusqu'au dépérissement de la partie. Enfin, à chacune de ces parties, ce dégagement est uniforme sur la surface des fleurs mâles, comme sur celle des fleurs mâles avortées.

Tel est le résumé des conséquences qui se déduisent des observations faites sur la température des végétaux jusqu'à l'époque où j'ai commencé à m'occuper de cette importante question avec les nouveaux moyens de recherches que la physique a mis à notre disposition et que je vais décrire.

CHAPITRE II.

THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE.

---

§ Ier. — *De la mesure des températures en général.*

Les instruments employés à la détermination des températures sont les thermomètres, les pyromètres et les thermoscopes, dont la construction et l'usage ont reçu de grands perfectionnements depuis déjà quelques années.

Cette détermination s'obtient au moyen de la dilatation d'un autre corps, en admettant que pour des quantités égales de chaleur, acquises ou perdues, ce corps se dilate ou se contracte de la même fraction de volume. On prend ordinairement pour terme de comparaison ou degré de température une fraction déterminée de l'accroissement que prend le volume du corps, en passant de la température de la glace fondante, qui est constante, à celle de la vapeur d'eau bouillante, qui l'est également sous la même pression atmosphérique, dans des vases semblables. Cette fraction, variant d'un corps à un autre et pouvant occasionner des erreurs, on choisit toujours ces corps identiques avec eux-mêmes.

On prend ordinairement pour corps thermométrique un

solide, un liquide ou un gaz. Le choix dépend de la nature des expériences et du degré d'exactitude que l'on veut avoir dans les résultats. Les gaz se dilatant à peu près de la même quantité dans les mêmes circonstances, on s'est servi de ces corps de préférence aux autres pour mesurer les températures avec de grandes précisions. On est donc parti de ce principe que, depuis les températures les plus basses jusqu'aux températures les plus élevées, des changements de volume égaux dans les gaz correspondent à des quantités égales de chaleur communiquée ou enlevée. Avec les thermomètres à gaz, les lois des phénomènes de la chaleur se présentent effectivement d'une manière plus simple qu'avec les thermomètres métalliques; mais ils ne peuvent être employés dans les cas où le réservoir de gaz, ou corps thermométrique proprement dit, doit être placé dans un corps organisé d'un petit volume, ou dans un milieu exposé à des mouvements plus ou moins violents, qui le briseraient. Le réservoir étant en verre, on conçoit que cet appareil ne saurait être employé dans ce cas-là, aussi n'est-il d'usage que dans les recherches exigeant une grande précision et dans lesquelles le volume du réservoir ne doit pas être limité.

Après les gaz viennent les métaux, sous le rapport de la régularité de la marche de leur dilatation, en y comprenant le mercure de préférence à tout autre; mais un gaz, ou le mercure, devant être renfermé dans un vase quelconque qui participe aux mêmes effets de dilatation ou de contraction, il faut faire des corrections pour avoir des déterminations exactes de température, en se fondant sur le principe suivant : Si le vase se dilate de la même quantité que le gaz ou le liquide, le volume apparent de chacun d'eux ne paraît pas

changé, tandis qu'il est plus grand que le volume réel si la dilatation du vase est plus petite. *On admet que la dilatation apparente est égale à la dilatation absolue diminuée de la dilatation du vase; de sorte que celle-ci étant connue, on a la dilatation absolue en ajoutant à la dilatation apparente celle du vase* (*d.a.* — *d.v.* = *d. ap.*).

Réciproquement, on a la dilatation du vase, qui est ordinairement en verre, en déterminant par des moyens particuliers la dilatation absolue du gaz ou du liquide et en retranchant la dilatation apparente. Mais, dans la thermométrie ordinaire, on n'a besoin que de la dilatation apparente, et non de la dilatation absolue, par la raison toute simple que, graduant le thermomètre par comparaison, il est inutile d'avoir égard au coefficient de dilatation de chaque espèce de verre, coefficient que M. Regnault a déterminé avec le plus grand soin. D'un autre côté, il faut se mettre encore en garde contre une cause d'erreur qui est la plus grave, le déplacement du zéro, lequel peut aller avec le temps jusqu'à un demi-degré et même plus. Ce déplacement est dû à ce que les molécules du verre, quand il a été fondu, ou même chauffé à un certain degré, ne reprennent leur position d'équilibre qu'au bout d'un certain temps. Indépendamment de ce déplacement, on observe encore des variations brusques dans la position du zéro, qui se manifestent quand le thermomètre est chauffé fortement. On est donc dans l'obligation de vérifier de temps à autre la position du zéro. Aujourd'hui, dans les observations qui demandent de la précision, on emploie des thermomètres à échelles arbitraires, sur lesquelles on marque le zéro de temps à autre.

Ce n'est pas tout : le verre ayant un pouvoir émissif et absorbant plus considérable que l'air, il s'ensuit qu'il se refroidit et s'échauffe plus rapidement que le milieu gazeux dans lequel il est plongé. Cet effet est surtout très-marqué lorsque cet instrument est employé à observer les effets de température résultant du rayonnement nocturne ; on y pare en recouvrant le réservoir d'une enveloppe d'argent poli, qui jouit d'un pouvoir rayonnant considérable.

Les appareils thermo-électriques n'exposent pas aux mêmes inconvénients et permettent d'observer les températures jusqu'à un dixième et dans quelques cas jusqu'à un vingtième de degré près, mais aussi les observations exigent quelques précautions que la pratique rend faciles. Je rappellerai en peu de mots les recherches que j'ai faites sur ces appareils dans un Mémoire présenté à l'Académie des sciences, en 1826 (*Annales de chimie et de physique*, t. XXX, p. 389). J'exposai une méthode à l'aide de laquelle on évalue les hautes températures, au moyen d'un élément thermo-électrique composé de deux fils de platine n'ayant pas le même diamètre, réunis par un de leurs bouts, au moyen d'un nœud, et dont les bouts libres sont en communication avec un galvanomètre à fil court. Une table des intensités du courant correspondantes aux différences de température entre les deux soudures, donne la température d'une des soudures quand celle de l'autre est connue. On admet que la relation existant entre les déviations et les intensités établie pour des températures ne s'élevant pas au delà de 350 degrés, terme de l'ébullition du mercure, est encore la même pour des températures supérieures, hypothèse qui n'a pas été vérifiée toutefois par l'expérience.

C'est à l'aide de cet appareil qu'il a été possible de déterminer approximativement la température des diverses enveloppes d'une flamme. Dans un autre Mémoire (*Annales de chimie et de physique*, t. LIX, p. 113), je montrai comment on pouvait appliquer les courants thermo-électriques à la détermination de la température intérieure des arbres, et de celle des organes de l'homme et des animaux. L'appareil employé se composait des parties suivantes :

1° D'un galvanomètre à fil court ;

2° D'aiguilles, de sondes composées, chacune, de deux fils ou de deux lames, l'une de cuivre et l'autre d'acier, soudées par un de leurs bouts et en relation par les bouts libres avec le galvanomètre.

Ce galvanomètre avait une sensibilité suffisante pour qu'une différence de 0°,1 de température entre les deux soudures fît dévier l'aiguille aimantée de 1°. On opérait comme il suit dans le corps de l'homme ou d'un animal :

Une des aiguilles était introduite dans la partie du corps dont on voulait déterminer la température, en plaçant la soudure au milieu de l'organe exploré ; la soudure de l'autre aiguille, faisant partie du même circuit, était mise dans une source de température constante qui ne différait que de 1 à 2 degrés de la température cherchée. En opérant dans ces conditions, les erreurs étaient très-faibles, car pour des déviations de quelques degrés, quand la température ne dépassait pas 20 à 30 degrés, les intensités du courant étaient proportionnelles aux déviations. En suivant cette méthode, il y avait donc déjà progrès, dans l'emploi des courants thermo-électriques pour la détermination des températures, les erreurs ne pouvant être que très-faibles.

M. Regnault reprit cette question, en mettant dans les expériences toute la précision désirable; il se proposait d'évaluer les hautes températures au moyen des courants électriques (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. XXI, p. 241 et suivantes). Mais, sachant combien on éprouvait de difficulté à mesurer avec précision, au moyen du galvanomètre ou de la boussole des sinus, l'intensité des courants, il fit usage d'un procédé indépendant de ces instruments, procédé qui consistait à employer un élément normal (bismuth et antimoine) auquel il rapportait tous les courants thermo-électriques. Cet élément était composé de deux barreaux parfaitement semblables juxtaposés dans toute leur étendue, séparés par une lame d'ivoire et soudés seulement par un de leurs bouts. Cet élément ne pouvait servir que pour des températures ne dépassant pas 30 degrés.

L'élément employé pour les hautes températures se composait de deux fils de 1 millimètre de diamètre et de 80 centimètres de longueur, l'un de platine et l'autre de fer; deux des extrémités de ces fils étaient soudées à l'argent. Cet élément était mis en relation, par les extrémités libres, avec l'un des fils d'un galvanomètre à deux fils courts. L'autre couple était mis en relation avec le second fil du galvanomètre, mais de telle sorte que les deux courants thermo-électriques étaient opposés l'un à l'autre et se détruisaient quand ils étaient égaux; les soudures étaient maintenues dans des tubes de verre remplis d'huile fixe. L'un de ces tubes était placé dans une chaudière pleine d'huile où se trouvait un thermomètre marquant de 0 à 350 degrés, et dont on élevait successivement la température; le tube qui contenait la seconde soudure était maintenu à une température constante, soit avec

de la glace fondante, soit avec un grand bain d'eau, pourvu également d'un thermomètre.

L'élément normal antimoine et bismuth était disposé de manière que les deux soudures plongeassent dans deux vases séparés par deux diaphragmes et remplis d'eau à différentes températures ; un agitateur servait à mélanger les diverses couches de liquide. Deux thermomètres, dont les réservoirs étaient placés près des soudures, indiquaient les températures de l'eau. La sensibilité du galvanomètre différentiel était telle qu'une différence de 1° de température entre les soudures bismuth et antimoine produisait une déviation de 17°.

Cela posé, la soudure fer-platine étant maintenue à une température T constante, on portait la seconde soudure à une température T′ dans un bain d'huile et on élevait la température de l'une des soudures du couple bismuth et antimoine jusqu'à ce que l'aiguille fût revenue à zéro.

Soient θ et θ' les températures des deux thermomètres A et B′; une différence de température $T'-t$, entre les deux soudures du couple fer et platine produit un courant qui neutralise le courant provenant d'une différence $\theta'-\theta$, dans le couple normal, $\theta'-\theta$ étant beaucoup plus petit que $T'-t$.

Dans les circonstances où M. Regnault opérait, pour $T'-t=100°$, on avait $\theta'-\theta=6°,51$; il suit de là que, pour une série de températures $T'-t$, $T''-t$, $T'''-t$, etc., on avait des différences $\theta'-\theta$, $\theta''-\theta$, $\theta'''-\theta$, etc. En admettant que ces deux éléments fussent comparables, il suffirait une fois pour toutes de faire une table, dans laquelle seraient inscrites, d'un côté, les valeur $T'-t$, $T''-t$, $T'''-t$, etc., mesurées sur le thermomètre à air ; et, de l'autre, les différences $\theta'-\theta$, $\theta''-\theta$, etc. Voudrait-on mesurer une température élevée

il suffirait de chercher $\theta'-\theta$, qui fait équilibre à l'élément platine et fer, et l'on trouverait dans la table la température qui lui correspondrait; on en déduirait alors la valeur de T. Cette méthode est indépendante du magnétisme des aiguilles.

M. Regnault a fait le tracé graphique des résultats obtenus dans plusieurs séries d'expériences, en prenant pour ordonnées les valeurs $T-t$, $T'-t$ divisées par 3, et pour abscisses $\theta'-\theta$, $\theta''-\theta$, etc., multipliées par 5. Les circonstances étant identiques dans ces expériences, les courbes auraient dû se superposer; il n'en a pas été ainsi. Dans quelques cas, la courbe a présenté une régularité satisfaisante, dans toute son étendue; dans d'autres cas, au contraire, on a eu un saut brusque en un point, et la deuxième partie de la courbe ne s'est plus raccordée avec la première. Rarement, dit M. Regnault, les courbes fournies par deux séries d'expériences se rapprochaient suffisamment pour qu'il fût permis d'attribuer la différence aux erreurs d'observation et de considérer les deux courbes comme l'expression d'un même phénomène. Cette divergence a été attribuée, par M. Regnault, à des changements produits dans l'état moléculaire à l'endroit des soudures, changements qui influent sur les effets thermo-électriques et par conséquent sur la loi qui les lie aux changements de température. Les deux soudures avaient-elles bien la même température? On verra, page 715, pourquoi j'émets un doute à cet égard.

En diminuant la quantité de soudure qui réunit les deux métaux, et donnant une plus grande section à l'élément le plus mauvais conducteur, M. Regnault a obtenu des résultats qui, construits graphiquement, ont donné des courbes ne se superposant pas, mais présentant des écarts moins considé-

rables avec le couple bismuth et antimoine. En expérimentant avec ce dernier élément seulement, pour savoir si les irrégularités ne devaient pas lui être attribuées, M. Regnault a trouvé que dans les limites de 15 à 35°, l'élément montrait assez de constance; une différence de 1° de température entre les deux soudures produisait toujours une déviation de 17 degrés, quelle que fût leur température absolue. Il est difficile néanmoins de décider, dit M. Regnault, si cette proposition est rigoureuse ou si elle n'est qu'apparente, attendu que l'intensité du courant varie sensiblement avec le temps, lors même que les deux soudures présentent constamment la même différence de température. Il resterait donc un peu d'incertitude sur la véritable valeur de la déviation que l'on doit adopter. Cet effet ne peut être attribué qu'à un changement moléculaire produit pendant le passage du courant, ou, ce qui est plus probable, à la perte de chaleur qu'éprouvent les deux soudures par suite de l'échauffement des parties contiguës des éléments qui, se trouvant dans l'air, se refroidissent peu à peu jusqu'à ce qu'elles soient arrivées à une température fixe. On verra plus loin que c'est à cette cause qu'il faut attribuer les anomalies observées par M. Regnault.

L'expérience a démontré en outre à M. Regnault qu'une augmentation de 1 degré dans la différence des températures des deux soudures de l'élément bismuth et antimoine produisait une force électro-motrice d'autant plus faible que la différence de température était plus grande, même entre les limites de 15 à 35 degrés. Il faut attribuer encore très-probablement cet affaiblissement dans la force électro-motrice à la cause qui produit les anomalies dont on vient de parler.

L'élément fer et platine est celui dont la force électromotrice diminue le moins avec l'élévation de température.

M. Regnault a conclu de toutes ses expériences sur les courants thermo-électriques que, si les résultats obtenus ne décident pas que ces courants ne pourront pas être employés à l'avenir pour la mesure des températures, ils montrent au moins que nous sommes loin de connaître toutes les circonstances qui influent sur ce phénomène et de pouvoir fixer les conditions dans lesquelles les éléments thermo-électriques doivent être établis pour que les intensités du courant dépendent uniquement de la température. On voit donc que la méthode employée par M. Regnault pour mesurer les hautes températures au moyen des courants thermo-électriques, consiste dans l'emploi de deux circuits métalliques opposés l'un à l'autre, dont l'un possède une grande puissance thermo-électrique, et l'autre une faible puissance; ces courants traversant en sens inverse les deux fils différents d'un galvanomètre différentiel, lorsque les courants sont égaux, ils se compensent l'un l'autre et l'aiguille reste à zéro; quand ils ne le sont pas, on observe la déviation, et avec la table on détermine la différence des températures. L'une des températures étant connue, on en déduit celle de l'autre.

Cette méthode admet une proportionnalité entre l'intensité du courant et la différence de température entre les deux soudures de l'élément normal, proportionnalité qui n'a lieu que dans des limites très-restreintes; c'est pour ce motif que M. Regnault ne regarde pas comme démontrée la possibilité de déterminer les hautes températures en s'appuyant sur les rapports entre les intensités du courant et les différences de température entre les deux soudures.

L'inconvénient signalé par M. Regnault n'existe pas dans la méthode que je vais exposer, puisqu'elle est indépendante du magnétisme des aiguilles aimantées et du rapport entre les intensités du courant et les différences de température entre les soudures. Suivant cette méthode, la compensation a lieu dans le circuit même et non dans deux circuits séparés parcourus par deux courants dirigés en sens contraire. Je donnerai d'abord l'historique de la méthode des compensations.

En 1825 (*Annales de chimie et de physique*, t. XXXII, p. 420, 2e série), j'ai fait usage, pour déterminer la conductibilité électrique des métaux, de la méthode des compensations, à l'aide du galvanomètre différentiel ou à deux fils que j'ai imaginé à cet effet.

M. Ed. Becquerel, en 1846 (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XVII, p. 242), reprit les différentes questions relatives à la mesure des pouvoirs conducteurs des solides et des liquides, en faisant usage également de la méthode des compensations et du galvanomètre à deux fils.

Dès 1826 (*Annales de chimie et de physique*, t. XXXI, p. 371), j'avais employé des courants thermo-électriques pour déterminer les hautes températures.

En 1836 et 1837 (*Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. LIX, p. 113; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. I, p. 28; *id.*, t. III, p. 771; *id.*, t. VI, p. 429), je me suis servi des courants thermo-électriques pour déterminer la température des parties intérieures des animaux et des végétaux, au moyen de deux aiguilles mixtes, composées chacune d'une aiguille d'acier et d'une aiguille de cuivre, soudées par un de leurs bouts, comme je l'ai dit précédemment, et en rapport par les bouts libres avec un galvanomètre à fil court.

M. Regnault reprit la question de la détermination des hautes températures au moyen des courants thermo-électriques, du galvanomètre différentiel et de la méthode des compensations dont il a été parlé précédemment.

En 1848, M. Boutan (*Précis des travaux de l'Académie de Rouen*) se servit des courants thermo-électriques pour évaluer la température des liquides projetés sur des surfaces métalliques fortement chauffées. Il opérait avec deux fils de fer d'un petit diamètre, en communication par un de leurs bouts avec le fil d'un galvanomètre, et dont les deux bouts libres étaient soudés aux deux bouts d'un fil de platine. Près de l'une des soudures plongeant dans du mercure se trouvait un très-petit thermomètre donnant des fractions de degré. L'autre soudure était plongée successivement dans les diverses couches du liquide dont on voulait déterminer la température. Cette méthode est la même que celle dont j'avais fait usage pour déterminer la température des diverses enveloppes d'une flamme et celle des parties intérieures des corps organisés. Néanmoins, M. Boutan, voulant éviter la graduation toujours douteuse du galvanomètre, fit usage de la méthode des compensations, dont il a été parlé précédemment, et sans laquelle il n'est guère possible d'avoir des résultats parfaitement exacts. Sa méthode ne lui donnait encore qu'une approximation ; en effet :

Il chauffait avec une lampe à alcool le bain de mercure où plongeait le thermomètre et l'une des soudures. Quand la température du bain était peu éloignée de celle du liquide caléfié, il introduisait la deuxième soudure dans ce dernier, puis il fermait le circuit. La direction du courant indiquait si le bain avait une température plus élevée ou plus basse

que celle du liquide ; dans le cas où le bain était plus froid, on continuait à le chauffer. « Au bout de quelques instants, « dit M. Boutan, je fais une nouvelle observation, et je finis « par arriver à une température plus élevée que celle du li- « quide. Il est évident qu'à ce moment la température est « comprise entre deux limites assez voisines, et qui me sont « connues par une suite de tâtonnements. Je parvins à res- « serrer ces limites de plus en plus, de façon qu'elles ne « soient distantes que de 1° centigrade, et même d'une frac- « tion de degré. Alors j'ai la certitude d'avoir, à moins d'un « degré près, la vraie température de la goutte liquide. »

Cette méthode, dont le principe est le même que celui dont j'ai fait usage en 1836, donne des déterminations de température à un degré près, et ne peut être employée que dans des recherches qui ne demandent pas une grande précision. Il n'en est pas de même de la méthode que je vais exposer, et qui donne des résultats sur l'exactitude desquels on peut compter, en prenant toutes les précautions que je vais indiquer.

§ II. — *Description du thermomètre électrique.*

Le principe sur lequel repose la construction et l'emploi du thermomètre électrique est celui-ci : dans un circuit fermé *sccs'* (pl. V, fig. 1), composé de deux fils, l'un de cuivre *sccs'*, et l'autre de fer *sffs'*, soudés bout à bout en *s* et *s'*, et en communication avec un galvanomètre à fil court en *c* et *c*, si les deux soudures plongent dans deux milieux ayant la même température, l'aiguille aimantée n'est pas déviée, puisque l'équilibre des forces électriques n'étant pas troublé, il n'y a pas de courant.

Cela posé, supposons la soudure *s* placée dans une source de chaleur dont la température est inconnue, si l'on élève ou si l'on abaisse la température de la soudure *s'*, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée soit revenue à zéro et qu'on l'y maintienne pendant quelques instants, cette température mesurée avec un thermomètre divisé en dixièmes de degré, donnera avec beaucoup d'exactitude celle de la soudure *s*, pourvu que le galvanomètre ait une sensibilité suffisante pour que l'aiguille aimantée soit déviée d'un degré au moins pour une différence de température égale à un dixième de degré thermométrique; il est nécessaire toutefois que les parties des deux fils adjacentes aux deux soudures soient en équilibre de température avec celles-ci; car si les parties contiguës à l'une d'elles se trouvent dans un milieu plus chaud ou plus froid de plusieurs degrés que la soudure, il en résultera des effets qui causeront dans les observations des erreurs contre lesquelles il faut se mettre en garde.

Cela se conçoit : dans le circuit en question, fer et cuivre, l'équilibre des forces électriques n'est point troublé quand la température est la même aux deux soudures et dans tout le circuit; mais si ces dernières sont placées dans deux sources de chaleur semblables, possédant une température plus élevée ou moins élevée que celle du milieu où se trouvent les autres parties du circuit, alors chacune des soudures se refroidira ou s'échauffera jusqu'à ce qu'il y ait partout équilibre de température. Dans le cas où les deux soudures sont l'une dans un état d'échauffement, l'autre dans un état de refroidissement, il y a courant; c'est contre les effets de ce genre qu'il faut se mettre en garde, surtout lorsqu'on veut opérer avec beaucoup d'exactitude. J'en parlerai de nou-

veau, quand j'indiquerai la manière de se servir du thermomètre électrique.

Les deux fils, l'un de fer et l'autre de cuivre, sont parfaitement recuits et soudés bout à bout, sans soudures intermédiaires, sans jonctions quelconques qui détruiraient l'uniformité du système. Ces fils enfin doivent être entourés de gutta-percha pour empêcher leur contact, les préserver de toute altération et diminuer autant que possible l'influence calorifique du milieu ambiant.

L'appareil suivant remplit toutes les conditions désirables pour atteindre le but que l'on se propose.

Soit EE′ (pl. V, fig. 2) une éprouvette en verre remplie aux deux tiers d'éther rectifié et fermée hermétiquement avec un bouchon de liége dans lequel passe un tube T′ à large ouverture contenant du mercure, et deux tubes recourbés t et t' dont le premier plonge jusqu'au fond de l'éprouvette, et le bout inférieur du second n'atteint pas l'éther. Une des soudures s du couple thermo-électrique fer-cuivre plonge dans le mercure où se trouve un thermomètre t'' qui accuse sa température. Le fil de cuivre c du couple est en communication avec le multiplicateur G (fig. 3), tandis qu'un autre fil de même métal, également en relation avec ce dernier, est soudé en s' au fil de fer f; s' constitue la seconde jonction que l'on place dans le milieu dont on veut déterminer la température. Cette température est plus élevée ou plus basse que celle de l'air de la pièce où l'on expérimente : si elle est plus élevée, l'aiguille aimantée du galvanomètre est déviée d'un certain nombre de degrés dans un sens qui indique quelle est la soudure la plus chaude; pour la ramener à zéro, on insuffle de l'air dans l'éprouvette avec un soufflet S en communication

avec le tube t au moyen d'un conduit en caoutchouc; l'éther, en se vaporisant, abaisse la température du mercure et par suite celle de la soudure s; la vapeur d'éther s'échappe à l'extérieur par le tube t' auquel est adapté un tube en caoutchouc. On peut, si l'on veut, adapter à l'éprouvette un aspirateur tel que A (fig. 5), qui permet de modérer le refroidissement pour ramener peu à peu l'aiguille à zéro; mais l'emploi du soufflet est plus simple. On dépasse ce terme, de manière à faire dévier l'aiguille aimantée de quelques degrés en sens contraire; on laisse l'échauffement s'opérer lentement jusqu'à ce que l'aiguille soit revenue à zéro, ce dont on s'assure avec la lunette L. Ce point atteint, la température du mercure donnée par le thermomètre T′ est précisément celle de la source.

Si, au contraire, cette dernière a une température plus élevée que celle du mercure, on échauffe l'éprouvette de plusieurs manières: dans le cas où la différence est au-dessous de 8 à 10°, il suffit d'appliquer la main sur la paroi de l'éprouvette pour l'échauffer suffisamment; en peu d'instants l'aiguille revient à zéro. Si la différence de température est plus considérable, on applique des linges chauds sur la paroi de l'éprouvette, et on les retire avant que l'aiguille soit revenue à zéro. La différence est-elle plus considérable encore, on met la soudure dans un autre tube R (fig. 4), contenant du mercure, et plongeant dans un vase U rempli d'eau et disposé comme la première éprouvette, avec ses accessoires; on fait arriver dans l'eau par le tube en verre t de la vapeur d'eau produite dans un ballon B, dont on élève la température avec une lampe à alcool; on modère le passage de la vapeur dans l'eau au moyen d'un aspirateur ou d'un soufflet. Enfin, le dernier procédé auquel on doit donner la préférence, à rai-

son de sa simplicité, consiste dans l'emploi d'un manchon annulaire creux en fer-blanc M (fig. 7), demi-cylindrique et rempli d'eau à une température convenable. Ce manchon, que l'on tient avec un manche en bois, est destiné à entourer l'éprouvette qui s'échauffe alors par rayonnement; la partie en regard de celle-ci est noircie pour augmenter son pouvoir émissif.

Les fils de fer et de cuivre qui composent le circuit du thermomètre électrique doivent avoir un diamètre proportionné à leur longueur, attendu que les courants thermo-électriques provenant d'une électricité à faible tension diminuent rapidement d'intensité en augmentant la longueur du circuit. Le diamètre doit être tel que le courant produise une déviation de l'aiguille aimantée de 10° au moins pour une différence de température de 0°,1. Ces fils, soit qu'on les suspende dans l'air, soit qu'on les mette en terre, doivent être recouverts de gutta-percha, puis de filasse, le tout goudronné, afin d'éviter leur altération de la part des milieux ambiants et enroulés en torsade; la fig. 8, pl. V, donne cette disposition. Quand il est nécessaire de réunir deux bouts de fil de cuivre ou de fer, il faut bien se garder d'employer le mercure; on les introduit dans un petit cylindre creux de même métal *bb* (pl. V, fig. 9), pourvu de deux vis de pression *v*V, et dont la surface est recouverte de gutta-percha. Il est indispensable d'enterrer à $0^m,66$ au-dessous du sol les portions du circuit qui se trouvent à l'extérieur, parce que l'échauffement inégal qui résulte du rayonnement solaire sur le circuit fait naître des courants thermo-électriques secondaires qui occasionnent des erreurs graves dans les résultats, surtout quand il y a défaut d'homogénéité.

A chaque expérience, il faut s'assurer que l'aiguille est au zéro, point de repère invariable d'où dépend l'exactitude des résultats. Les écarts sont très-faibles et même nuls quand les deux aiguilles aimantées qui forment le système astatique sont soustraites au rayonnement calorifique des corps voisins au moyen d'écrans convenablement placés. Ce rayonnement apportant des changements dans l'état calorifique des aiguilles, modifie leur état magnétique, ce qui empêche que le système reste astatique. Le meilleur écran est un cylindre en carton ouvert des deux bouts, recouvert intérieurement et extérieurement d'une feuille d'étain et enveloppant de toutes parts le galvanomètre. On enlève ce cylindre quand on veut observer, et on le remet en place ensuite, en le recouvrant d'un couvercle en carton étamé percé d'une ouverture, afin de pouvoir observer avec une lunette L (fig. 3 et 6) la position de l'aiguille. Il est convenable aussi de tenir le circuit ouvert quand on n'observe pas, afin de s'assurer si l'aiguille est bien à zéro. Il faut avoir aussi à sa disposition plusieurs autres écrans semblables, plans ou légèrement courbes, pour les placer devant l'appareil dont on élève ou l'on abaisse la température. L'éther employé au refroidissement doit être rectifié, afin de produire promptement le plus grand effet possible. Quand il a servi longtemps et que l'on en a ajouté à diverses reprises, il cesse d'être concentré par suite du passage de l'air humide, et le refroidissement marche alors très-lentement; quand on en est arrivé là, il faut changer l'éther et le mettre de côté pour le distiller. La vapeur d'éther est conduite à l'extérieur, comme on l'a déjà dit, au moyen d'un tube de caoutchouc adapté au tube de l'éprouvette qui contient l'éther.

En hiver, quand l'air est très-froid, l'éther ne suffit plus pour abaisser la température du mercure où plonge la soudure; il faut placer l'éprouvette et son récipient dans un mélange réfrigérant ou seulement dans de la glace fondante pour refroidir l'éther au moins à zéro avant de le volatiliser.

J'ai cherché de combien on pouvait abaisser la température de l'éther au moyen de l'insufflation, celle de l'air ambiant étant de 19° ; l'expérience a montré que l'on pouvait aller jusqu'à plusieurs degrés au-dessous de zéro.

L'alcool ne peut être substitué avantageusement à l'éther, attendu que le passage de l'air en volatilise peu, et produit, par conséquent, un très-faible abaissement de température.

Il y a certaines précautions à prendre dans les observations pour que les résultats soient comparables, surtout quand on veut les obtenir à un dixième de degré près, ou moins, selon que la température de l'observatoire est plus ou moins élevée que celle du lieu où se trouve la seconde soudure. Si elle est plus élevée, on abaisse, comme on l'a déjà dit, la température jusqu'à ce qu'elle soit inférieure de 1 à 2 degrés à celle que l'on cherche, puis on laisse échauffer très-lentement la soudure jusqu'à ce que l'aiguille soit revenue à zéro et y reste pendant une minute ou deux ; on observe alors la température sur le thermomètre indicateur. Si, au contraire, la température est inférieure, il faut opérer inversement, chauffer et laisser la soudure se refroidir avec beaucoup de lenteur. Voici le motif pour lequel on agit ainsi : les indications du thermomètre et du galvanomètre, quand l'aiguille est à zéro, ne correspondent pas toujours à la même température; de là de graves erreurs qu'il faut éviter, et qui peuvent aller jusqu'à 3 ou 4 dixièmes de degré. Lorsque,

par exemple, la température de l'observatoire étant plus basse que celle de l'autre milieu, si l'on chauffe jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre soit revenue à zéro, le thermomètre indique souvent une température trop élevée; dans le cas contraire, elle est trop basse; cela tient à ce que, dans le premier cas, la soudure du milieu échauffé demande un certain temps pour se mettre invariablement en équilibre de température avec ce milieu : aussitôt que la soudure commence à s'échauffer, une partie de la chaleur acquise par elle est transmise aux parties adjacentes du circuit et cela jusqu'à ce que la soudure ne cède plus de chaleur; à ce moment le thermomètre est fixe et l'aiguille aimantée garde le zéro : on peut alors relever la température. Quand la température de l'observatoire est plus haute au contraire que celle de l'autre milieu, il faut opérer inversement. Ces observations exigent de l'habitude, un peu de temps et la connaissance des phénomènes thermométriques. Il est indispensable de commencer l'expérience quelques minutes avant l'heure fixée. L'échauffement et le refroidissement doivent se faire avec beaucoup de lenteur, pour que la soudure et les parties contiguës aient le temps de se mettre en équilibre de température : l'exactitude des observations en dépend. L'opération, au surplus, est terminée quand le thermomètre est fixe et que l'aiguille aimantée garde le zéro pendant une minute ou deux.

Les observations faites avec le thermomètre ordinaire sont plus simples et plus promptes sans aucun doute; mais aussi le thermomètre électrique peut servir dans une foule de cas où le thermomètre ordinaire ne peut être employé, ou du moins ne peut l'être que très-difficilement.

Ces expériences démontrent qu'en plaçant les deux

soudures dans les mêmes conditions de température, il y a quelquefois des différences, légères à la vérité, dans les déviations ; ces différences se manifestent aussi de temps à autre quand le magnétisme des aiguilles éprouve des changements. Le seul moyen d'y remédier est de ramener les aiguilles au zéro à chaque opération.

Le thermomètre électrique est employé utilement toutes les fois qu'il s'agit d'observer la température de la terre à diverses profondeurs, celle de l'air au-dessus du sol, et celle de l'intérieur des corps organisés, dans les cas surtout où le thermomètre ne peut servir ou n'est employé qu'avec difficulté. Une condition indispensable pour le succès des observations est qu'il n'y ait pas de changement sensible dans l'état calorifique des corps sur lesquels on opère dans un instant très-court.

Lorsque la soudure extérieure du thermomètre électrique est placée à une certaine hauteur au-dessus du sol, on la recouvre de trois réflecteurs en fer-blanc faisant système p, p', p'' (pl. V, fig. 10), entre lesquels l'air peut circuler, et qui sont introduits au moyen d'un double dans le mât M, dont on parlera plus loin.

Le thermomètre électrique ne peut remplacer les thermomètres à maxima et à minima, par la raison toute simple qu'il ne saurait donner ces deux limites; leur usage est de trouver une température à un instant donné dans un lieu où il est impossible de lire les indications du thermomètre. Le thermomètre électrique exige seulement l'emploi d'un thermomètre ordinaire servant d'étalon, et dont il faut vérifier de temps à autre le zéro pour savoir s'il se déplace ou non.

La température de l'air à la surface du sol et à une cer-

taine hauteur au-dessus exerçant une grande influence sur les phénomènes de la vie organique et les travaux agricoles, on a dû se livrer de toutes parts à des observations suivies pour déterminer les lois auxquelles elle est soumise, et savoir si telle ou telle culture est possible; il ne suffit pas de connaître la température moyenne pour les besoins de l'agriculture, il faut encore déterminer les maxima et les minima, surtout ces derniers, qui excluent telle ou telle culture.

La température de l'air est rarement stationnaire, tant sont complexes les causes qui la modifient; je citerai, parmi elles, les courants d'air incessants qui sillonnent l'air dans tous les sens, le rayonnement calorifique des corps terrestres, rayonnement qui dépend de l'état de la surface de ces derniers et de leur pouvoir conducteur. Le grand pouvoir émissif du verre, qui forme la boule du thermomètre ordinaire, tend encore à introduire des erreurs dans les observations thermométriques. Ces motifs ont fait dire qu'il était bien difficile de déterminer la véritable température de l'air; cette opinion est exacte, quand on ne considère que des observations isolées; mais elle cesse de l'être si l'on prend la moyenne des moyennes d'un certain nombre d'années; on arrive alors pour chaque lieu à un nombre invariable qui exprime la moyenne du lieu; en prenant des moyennes, on met en évidence ce qu'il y a de fixe dans les phénomènes calorifiques de l'air. Cette marche est celle qui est suivie dans toutes les recherches statistiques. Quoi qu'il en soit, le thermomètre qui est un instrument très-précieux, n'est pas celui qui convient le mieux dans bien des cas; je dis plus, il y en a où il ne peut être employé, comme on va le voir.

On est dans l'usage, pour observer la température annuelle

de l'air, de placer au nord un thermomètre muni d'une échelle en verre en le garantissant de la radiation solaire et de la pluie, au moyen d'un petit toit, et de lui imprimer un mouvement de rotation pendant quelques instants, pour lui faire prendre la température des couches environnantes, après quoi on fait la lecture. On peut se borner à faire trois observations par jour : à 9 heures du matin, à 3 heures et à 9 heures du soir. On observe, en outre, le maximum et le minimum de la journée. On groupe ces observations de manière à obtenir la température moyenne du jour, celles du mois, de l'année, puis celle du lieu, ainsi que les variations diurnes, les variations annuelles et leur état moyen annuel. La moyenne du jour est la moyenne du maximum et du minimum; la différence de ces deux quantités donne la variation diurne; ainsi de suite.

Les thermomètres, en raison du grand pouvoir absorbant et émissif du verre, donnent la température que prend le verre sous l'influence du rayonnement solaire et du rayonnement nocturne; dans le premier cas, il marque une température plus élevée que celle de l'air; dans le second, une température moindre. On pare, à la vérité, à cet inconvénient, quand il s'agit du rayonnement nocturne, en recouvrant le réservoir du thermomètre d'une enveloppe d'argent poli, qui, jouissant d'un grand pouvoir réflecteur, s'oppose au refroidissement du verre, de manière à ne lui faire prendre que la température de l'air. Cette enveloppe est bonne quand la température est aux environs de zéro; mais il n'en est plus de même quand les rayons solaires la frappent directement : celle-ci s'échauffe alors fortement et ne garantit plus le réservoir des effets de l'échauffement.

CHAPITRE III.

OBSERVATIONS FAITES, CONCURREMMENT AVEC LE THERMOMÈTRE A MERCURE ET LE THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE, A PARIS ET A CHATILLON-SUR-LOING (LOIRET), PENDANT L'ÉTÉ ET L'AUTOMNE DE 1858.

---

§ I. — *Expériences préparatoires.*

La première série d'observations faites concurremment avec le thermomètre à mercure et le thermomètre électrique a commencé à Paris, au mois de juillet 1858, à l'observatoire météorologique formé au Jardin des Plantes par les soins de l'administration du Muséum, puis a été continuée dans un observatoire établi à Châtillon-sur-Loing (Loiret). Ces observations ont été faites, fréquemment dans le jour, de trois heures en trois heures, souvent de deux heures en deux heures et quelquefois même d'heure en heure. On a pu réunir ainsi environ 3,000 observations.

On est dans l'usage de recueillir en météorologie à divers instants de la journée la température de l'air, pour en déduire la température moyenne, ainsi que la température

moyenne de chaque mois et celle de l'année; d'où l'on déduit, avec les moyennes annuelles, la température du lieu, qui est invariable.

On relève aussi les observations relatives à la température de la terre à diverses profondeurs au-dessous du sol; mais on ne peut dépasser une certaine limite, attendu, d'une part, que la tige des thermomètres ne peut avoir qu'une longueur assez restreinte et que, de l'autre, lorsqu'elle est grande, il faut faire des corrections très-laborieuses pour écarter les effets résultant de l'échauffement inégal des deux extrémités de l'instrument. Aussi l'emploi des thermomètres à longues tiges, qui est difficile, est-il généralement abandonné.

Il est nécessaire, encore, de connaître les variations de température de l'air aux diverses heures de la journée et aux diverses époques de l'année; il n'est pas moins utile pour la physiologie d'acquérir des notions sur les variations de température qui ont lieu dans l'intérieur des corps organisés, des végétaux particulièrement qui vivent dans un milieu dont la température est rarement stationnaire; variations qui ne peuvent manquer d'exercer une grande influence sur les phénomènes de la vie, et que l'on a peu étudiées jusqu'ici, du moins avec suite si ce n'est à Genève, de 1796 à 1800, et même quelques années après, mais sans en tirer toutefois aucune conséquence.

Le thermomètre électrique permet de se livrer à des recherches de ce genre; mais, avant de les exposer, j'ai comparé la marche de cet instrument à celle d'un thermomètre ordinaire placé au nord sur une des faces du pavillon météorologique du Jardin des Plantes; l'une des deux soudures se trouvait à l'extrémité d'un mât de $9^{m},86$, pourvu

d'un réflecteur hémisphérique en platine pour détruire pendant le rayonnement nocturne le pouvoir émissif du tube de verre rempli de mercure dans lequel plonge la soudure. La seconde soudure était dans l'intérieur de l'observatoire.

Les observations consignées dans les tableaux p. 90 et 91 montrent que, du 29 juin au 9 juillet dernier, les deux instruments observés six fois par jour ont donné en moyenne les résultats suivants :

Au thermomètre ordinaire	17°,83
Au thermomètre électrique	17°,75
Différence	0°,08

Ces deux valeurs diffèrent très-peu entre elles. La même comparaison a été faite, mais avec quelques variantes, dans l'observatoire météorologique à Châtillon-sur-Loing (Loiret). Le thermomètre ordinaire était placé également au nord, à l'extrémité d'une allée, près d'un massif d'arbres, dans le voisinage d'un mur de ville et d'un bâtiment de 11 mètres de haut ; l'une des soudures du thermomètre électrique était fixée à l'extrémité d'un mât élevé de 4 mètres au-dessus du faîte de ce bâtiment et pourvu également d'un réflecteur pour garantir autant que possible le tube de verre contenant cette soudure de la radiation nocturne et solaire. Les tableaux d'observations p. 92 à 109 indiquent que :

En juillet, août, septembre et les premiers jours d'octobre, les deux instruments ont donné :

En juillet :

Le thermomètre ordinaire	17°,52
Le thermomètre électrique	17°,62
Différence	0°,10

En août :

Le thermomètre ordinaire	18°,44
Le thermomètre électrique	18°,53
Différence	0°,09

Ces deux valeurs sont sensiblement égales.

En septembre :

Le thermomètre ordinaire	17°,57
Le thermomètre électrique	18°,35
Différence	0°,78

La différence est encore plus grande en octobre :

Le thermomètre ordinaire	11°,68
Le thermomètre électrique	13°,00
Différence	1°,32

Les observations faites en juillet et août montrent que les deux instruments ont marché d'accord ; en septembre, l'accord a été moins grand ; en octobre encore moins. En jetant les yeux sur les tableaux d'observations, on en voit la cause : pendant les mois de septembre et d'octobre, notamment les 4 et 28 septembre et 4 octobre, à divers intervalles de temps, au milieu du jour, la radiation solaire a été telle, que le réflecteur en argent qui recouvrait la soudure ne pouvant réfléchir tous les rayons calorifiques, s'est échauffé et a élevé la température de la soudure bien au delà de celle de l'air, de 5, 6, 8 et 10°. Il a pu se faire encore que l'air ambiant se soit plus échauffé que celui qui se trouve à la surface du sol. C'est une question que je traiterai à la fin de ce Mémoire.

Si donc on retranche les observations faites pendant ces journées exceptionnelles, on trouve un accord satisfaisant entre les résultats donnés par les deux instruments.

En effet, on a en septembre :

A la soudure	17°,10
Au nord	17°,00
Différence	0°,10

En octobre :

A la soudure	16°,13
Au nord	16°,40
Différence	0°,27

Si l'on veut obtenir un plus grand accord dans les résultats obtenus par les deux procédés, il faut recouvrir, comme on l'a fait depuis, la soudure du mât d'un réflecteur suffisamment grand pour empêcher qu'elle s'échauffe par l'effet de la radiation solaire, et cependant on n'atteint jamais complétement ce but. Ce réflecteur est composé de trois autres superposés à distance, en fer-blanc, ayant la forme de calottes sphériques et agencés comme on le voit (pl. V, fig. 10) : l'air circule facilement entre les diverses parties, et l'on obtient alors des résultats qui s'accordent en général, comme je le montrerai plus loin. Les trois calottes sphériques sont adaptées à une douille dans laquelle on introduit un tube de verre rempli de mercure, dans lequel plonge la soudure. Ce tube est fermé à la lampe par un bout et mastiqué par l'autre.

Le tableau suivant renferme les résultats obtenus dans des expériences comparatives.

EXPÉRIENCES COMPARATIVES

faites en 1858 avec le thermomètre et deux multiplicateurs électriques.

DATE.	SOUDURE dans l'intérieur D'UNE CHAMBRE. — Température.	SOUDURE placée à l'extérieur, DANS L'AIR. — Température.	DIFFÉRENCE dans les TEMPÉRATURES.
27 juillet 1856.			
7h	14°6	23°6	9°0
8	14,6	24	9,4
8,30	14,6	24,5	9,9
9	14,6	24,2	9,6
10	14,6	24	9,4
10,40	14,6	24,5	9,9
11	14,6	23,8	9,2
11,3	14,6	27,7	13,1
12	14,6	23,5	8,9
12,30	14,6	23,8	9,2
1	14,6	24,75	10,1
1,30	14,6	23,8	9,2
2	14,6	23,2	8,6
2,30	14,6	24	9,4
3,45	14,6	24,5	9,9
4,50	14,6	23,7	9,1
5,15	14,6	24,75	10,1
6,30	14,6	23,9	9,3
28 juillet.			
6h30	14,7	24,6	9,9
7	14,7	24,8	10,1
7,15	14,7	24,8	10,1
7,30	14,7	24,5	9,8
8	14,7	24,6	9,9
8,50	14,7	24,3	9,6
9,40	14,7	24,6	9,9
11,15	14,7	24,8	10,1
12	14,7	23,9	9,2
12,30	14,7	23,8	9,1
1,45	14,7	24,75	10,05

Ces expériences démontrent qu'en plaçant chacune des deux soudures dans deux milieux n'ayant pas la même température, mais se trouvant dans une certaine dépendance sous le rapport des variations de température, il y a quelquefois des différences, légères à la vérité, dans les résultats; mais on les évite depuis que les méthodes d'observation ont été perfectionnées.

Il restait à déterminer les températures accusées par les deux espèces de thermomètres placés dans des conditions identiques, afin de voir si l'échauffement et le refroidissement du circuit, à une distance plus ou moins grande de la soudure exploratrice des fils de cuivre et de fer recouverts de gutta-percha, n'influaient en rien sur la production des effets observés. On a pris un rondin de chêne sec, d'environ 4 décimètres de diamètre, dans lequel on a pratiqué deux ouvertures de 1 centimètre de diamètre chacune, et de 2 décimètres de profondeur; dans l'une on a introduit le réservoir et une partie de la tige d'un thermomètre ordinaire, dans l'autre, l'une des soudures du thermomètre électrique; l'autre soudure étant dans l'air. Les deux cavités ont été remplies de sable et fermées extérieurement avec de la cire molle, puis on a entouré d'un réflecteur en platine la tige du thermomètre. J'ai reconnu depuis que ce mode de fermeture ne valait pas à beaucoup près le suif fondu qui s'oppose à l'introduction de l'eau et de l'air dans la cavité; aussi ai-je adopté ce dernier. Des observations suivies faites à diverses heures de la journée, du 15 au 21 septembre, ont donné en moyenne les résultats suivants :

Date.	Température du thermomètre ordinaire.	Température de l'air au haut du mât.
15 septembre	23°,30	23°,3
16	24°,23	24°,1
17	19°,70	19°,5
18	17°,80	17°,93
19	16°,10	16°,00
20	20°,35	20°,20
21	17°,60	17°,40
Moyennes	19°,85	19°,76

Différence.................. 0°,09

Ces résultats présentent, on peut dire, un accord parfait entre les températures accusées par les deux instruments. Quand on songe surtout aux effets qui peuvent résulter de ce qu'ils n'ont pas été placés exactement dans les mêmes conditions, on ne doit pas être étonné des très-légères différences trouvées. On peut donc substituer avantageusement au thermomètre ordinaire le thermomètre électrique, en prenant les précautions indiquées précédemment et sans lesquelles on ne saurait compter sur l'exactitude des résultats obtenus.

On trouvera ci-après toutes les observations faites comparativement avec le thermomètre électrique placé au haut d'un mât et un thermomètre qui est à peu de distance au-dessus du sol, au nord, depuis le 30 juin jusqu'au 20 octobre suivant, au Jardin des plantes et à Châtillon-sur-Loing.

OBSERVATIONS

faites dans l'observatoire météorologique du Jardin des Plantes en juin et juillet 1858.

JOUR ET HEURE.	TEMPÉRATURE à 9m,86 au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	REMARQUES.
29 juin.				Du 29 juin au 9 juillet la température de la soudure au haut du mât et celle du thermom. au nord n'ont varié qu'entre de faibles limites.
5 h. du soir.	24,1	23,3	31	
7 h. 15	20,2	20,25	20,6	
9 h.	18,3	18,5	18,1	
Moyennes........	20,9	20,7	23	
30 juin.				La soudure a donné en moyenne.. 17,75
7 h. du soir.	21,2	21,3	21,9	le thermomètre au nord...... 17,83
1er juillet.				
6 h. du matin. (Le soleil brille.)	16,9	15,9	16,03	
8 h. (Le S. est caché. Vent N.)	15,9	16,06	17,7	
10 h. (Éclaircies.)	19,8	19,36	21,7	
Mid . (Éclaircies.)	22,8	21,6	28,8	
2 h. (Le soleil brille.)	22,63	22,2	29,9	
4 h.	20,8	20,73	25,7	
6 h. (Ciel couvert.)	18,36	18,5	19,5	
8 h.	16,3	16,6	17	
10 h.	14,46	14,53	14,7	
Moyennes........	20,98	20,7	21,87	

OBSERVATIONS

faites dans l'observatoire météorologique du Jardin des Plantes en juin et juillet 1858.

JOUR ET HEURE.	TEMPÉRATURE à $9^{m},86$ au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	REMARQUES.
2 juillet.				
7 h. 30 (Absence de soleil.)	14,9	14,9	16,1	
10 h. 20.	13,7	14,2	18,2	
Moyennes........	14,3	14,55	17,1	
3 juillet.				
8 h. (Couvert.)	14,8	14,6	17	
10 h. 28	11,3	11,1	12,5	
Plus tard, après une grande pluie.	11,4	11,5	15	
Moyennes........	12,5	12,4	14,8	
6 juillet.				
7 h. 35 (Temps couvert; vent.)	15,87	15,87	16,6	
10 h. 15	18,63	18,66	21,5	
Midi. (Couvert.)	21,3	20,8	26,5	
5 h.	20,29	20,16	22,7	
Moyennes........	19	18,9	21,8	
9 juillet.				
(Il a plu le 8 toute la journée.)				
8 h. du matin.	13,4	13,4	15	
Moyennes générales..	17,75	17,83	•	

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
24 juillet. 7 h.	17°8	16°	min. 17°8		min. 16°	
8	18,2	17				
9	18,2	17,3				
10	18,2	17,2				
11	18,3	17,5				
12	18,6	18				
1	19,2	19,1				
2	20,5	20,25	max. 20,5		max. 20,25	
3	19,2	19,1				
4 40	19,7	20,5				
6	19,5	20,6				
7	19,2	19,8				
8	19,3	18				
9	18,4	17,3				
Moyennes...	18,82	18,47	»	2°7	»	4°25
25 juillet. 7 h.	17,3	16,8	min. 17,3		min. 16,8	
9	17,8	17,3				
10	18,6	17,8				
12	19,5	19,4				
3	22	»	max. 22		max. 21,5	
4 45	21,9	21,5				
6	20,5	»				
7	19,3	19,9				
8	17,7	»				
Moyennes...	19,4	18,8	»	4,7	»	4,7

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
26 juillet.						
7 h.	15°	15°4			min. 15°4	
8	16,2	16,6				
9	17,7	17,1				
3	21,2	»	max. 21°7			
6	19,2	24			max. 24	
7	18,2	19,4				
9 45	14,8	»	min. 14,8			
Moyennes...	17,3	17,7	»	6°9	»	8°6
27 juillet.						
7 h.	15,7	16	min. 15,7		min. 16	
9	19,3	20,4				
12	21,7	25,2				
3	22	23,3	max. 22		max. 23,3	
6	21,4	21,2				
9 30	18	17,7				
Moyennes...	19,5	20,55	»	6,3	»	7,3
28 juillet.						
6 45	15,3	14,2	min. 15,3		min. 14,2	
9	16	14,9				
2	15,9	14,9				
6	18	18,1	max. 18		max. 18,1	
Moyennes...	16,3	15,5	»	2,7	»	3,9

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
29 juillet.						
7 h.	13°	12°6	min. 13°		min. 12°6	
9	15,2	15,4				
12	17,6	18				
3	18,1	18	max. 18,1		max. 18	
4 45	17,5	16,17				
6	16,8	16,5				
8	15,4	13,9				
Moyennes...	16,23	15,87	»	5°1	»	5°4
30 juillet.						
6 30	11,6	10,6	min. 11,6		min. 10,6	
9	15,5	14,7				
12	16,6	16,3				
6	18,7	18,7	max. 18,7		max. 18,7	
Moyennes...	15,6	14,9	»	6,5	»	8,1
31 juillet.						
7 h.	11	13	min. 11		min. 13	
9	15,3	18				
3	22	23,8	max. 22		max. 23,8	
5	21	17,8				
7	19,17	19,6				
Moyennes...	17,8	18,42	»	11,0	»	10,8
Moy. de juillet.	17,52	17,62	»	»	»	»

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16ᵐ au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
1ᵉʳ août.						
9 h.	16°1	15°8		»	»	»
2 août.						
12 45	22	23,4	»	»	»	»
3	24,6	25,4	»	»	»	»
Moyennes...	23,3	24,4	»	»	»	»
3 août.						
6 30	12,2	11,6	min. 12°2		min. 16°6	
9	18,9	24,8			max. 24,8	
12	22,4	23,8	max. 22,4			
Moyennes...	17,83	20,1	»	10°2	»	8°2
7 août.						
9 h.	17,6	»	»	»	»	»
8 août.						
6 30	14,6	14,6	min. 14,6		min. 14,6	
9	19,3	20,5				
4 15	24	25,9	max. 24		max. 25,9	
8	20,2	18,8				
Moyennes...	19,4	20	»	9,4	»	11,3
9 août.						
6 h.	15,4	15,6	»	»	»	»
11 août.						
4 15	27,3	29,6	»	»	»	»
12 août.						
7 h.	18,4	19	min. 18,4		min. 19	
9	23,6	27,7	max. 23,6		max. 27,7	
12	27	29,8				
Moyennes ..	23	22,2	»	5,2	»	8,7

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
13 août.						
6 30	16°6	9°	»	»	»	»
8	20,4	26,6	»	»	»	»
Moyennes...	18,5	17,8	»	»	»	»
14 août.						
6 50	19,4	18				
12	18,3	19,6	min. 18°3			
4	24,9	27,8	max. 24,9		max. 27,8	
10	19,2	17,15			min. 17,15	
Moyennes...	20,45	20,6	»	6°6	»	10°65
15 août.						
7 h.	16,6	15,6	min. 16,6		min. 15,6	
9	18,7	16,8				
3	21,7	22,3	max. 21,7		max. 22,3	
7	20	18,4				
Moyennes...	19,3	18,3	»	5,1	»	6,7
16 août.						
6 10	11,4	13,2	min. 11,4		min. 13,2	
8 45	19,6	21,2				
5	24,3	26,8	max. 24,3		max. 26,8	
Moyennes...	18,43	20,4	»	12,9	»	13,6
17 août.						
6 h.	17,2	18,4	min. 17,2		min. 18,4	
9	22,5	24,9				
6 30	26	27,7	max. 26,0		max. 27,7	
9 45	21	19,9				
Moyennes...	21,7	22,7	»	8,8	»	9,3
18 août.						
7 15	26	23,9	»	»	»	»

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
20 août.						
6 30	15°	12°7	min. 15°0		min. 12°7	
3	14,7	13,2				
9	20,1	19,5	max. 20,1		max. 19,5	
5 30	16,5	16,3				
Moyennes...	16,6	15,43	»	5°1	»	6°8
21 août.						
7 h.	10	10	»	»	»	»
22 août.						
6 30	11,6	9,4	»	»	»	»
29 août.						
8 h.	13,5	15,9	»	»	»	»
30 août.						
7 h.	14,9	13,9			min. 13,9	
9 45	15,8	14				
12	19,7	20,8	max. 19,7		max. 20,8	
5 45	18,45	19,3				
10	14,5	13,2	min. 14,5			
Moyennes...	16,7	16,2	»	5,2	»	6,6
31 août.						
7 h.	13,2	12,1				
9	14,8	13				
12	16,4	17,8				
3	18,2	18,9	max. 18,2		max. 18,9	
5 45	17	17				
10	12,6	11	min. 12,6		min. 11,0	
Moyennes...	15,3	15	»	5,6	»	7,9
Moy. d'août.	18,44	18,53	»	»	»	»

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16^{m} au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
1er septembre.						
6 45	12°6	11°1	min. 12°6		min. 11°1	
8 45	15,3	13,6				
5	17,2	17	max. 17,2		max. 17,0	
9 30	16,1	13,7				
Moyennes...	15,5	14,8	»	4°6	»	5°9
2 septembre.						
6 30	14,7	13,1	min. 14,7		min. 13,1	
9	17,2	17,7				
12	19,6	20,2				
3	20,9	22,8	max. 20,9		max. 22,8	
5 45	19	19,2				
10	17,2	16,7				
Moyennes...	18,1	18,33	»	6,2	»	9,7
3 septembre.						
7 h.	16,2	16,5	min. 16,2		min. 15,5	
[illegible]	17,5	17,2				
12	19	19				
3	20,8	22,3			max. 22,3	
5 30	20,12	21,8	max. 20,12			
8	»	»				
10	17	17				
Moyennes...	18,45	18,8	»	3,9	»	6,8
4 septembre.						
6 30	14,2	15	min. 14,2		min. 15,0	
9	18,6	22,7				
2	25,2	29,6				
3	25,3	33,7	max. 25,3		max. 33,7	
10	18,6	19,4				
Moyennes...	20,4	24,1	»	11,1	»	18,7

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
5 septembre.						
7 h.	16°6	17°5	min. 16°6			
9	18,6	18,3				
12	21,4	21,7	max. 21,4		max. 21°7	
5 15	18,6	17,7				
I	16,9	14			min. 14,0	
Moyennes...	18,4	18	»	4°8	»	7°7
6 septembre.						
6 45	13,8	11,5	min. 13,8		min. 11,5	
9	14,8	14,7				
I	19,9	20,1	max. 19,9		max. 20,1	
3	19,4	19,2				
5 15	18,7	18,5				
8	15,2	13,6				
Moyennes...	16,36	16,27	»	6,1	»	8,6
7 septembre.						
7 h.	12	9,4	min. 12,0		min. 9,4	
9	15,21	13,8				
12	16,8	17,4			max. 17,4	
2	19,2	17,2	max. 19,2			
4 15	16,2	15,6				
Moyennes...	15,9	14,7	»	7,2	»	8,0
8 septembre.						
7 30	14,5	12,6	min. 14,5		min. 12,6	
9	16	14,3				
12	16,7	15,3				
3	19,1	19,4	max. 19,1		max. 19,4	
5 15	18,7	19,4				
9 15	15	12,9				
Moyennes...	16,66	15,65	»	4,6	»	6,8

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
9 septembre.						
7 h.	13°8	13°5	min. 13°8		min. 13°5	
9	16,1	18,9				
3	20	22	max. 20,0		max. 22,0	
Moyennes...	17	18,1	»	6°2	»	8°5
10 septembre.						
7 h.	11,8	14,1	min. 11,8		min. 14,1	
[illegible]	16,8	21,9				
12	20,7	24,6	max. 20,7		max. 24,6	
Moyennes...	19,4	20,2	»	8,9	»	10,5
11 septembre.						
6 45	11,8	13,4	»	»	»	»
9	18,4	25,6	»	»	»	»
Moyennes...	15,1	19,5	»	»	»	»
12 septembre.						
6 45	11,9	15,6	»	»	»	»
9	19	22,4	»	»	»	»
Moyennes...	15,45	19	»	»	»	»
13 septembre.						
7 15	12,8	15,9	»	»	»	»
9	18,2	23,8	»	»	»	»
Moyennes...	15,5	19,85	»	»	»	»
14 septembre. 8 h. du soir.	19,2	18	»	»	»	»
15 septembre. 7 h.	14	15	»	»	»	»

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
16 septembre.						
7 h.	13°	12°3	min. 13°0		min. 12°3	
3	25,3	31,8	max. 25,3		max. 31,8	
5	23,8	29,7				
Moyennes...	20	27,9	»	12°3	»	19°5
17 septembre.						
6 45	17	16,4				
9	18	15,9				
12	18,6	17,9	max. 18,6		max. 17,9	
3	16,6	14,8	min. 16,6		min. 14,8	
Moyennes...	17,5	16,2	»	2,0	»	3,1
18 septembre.						
7 h.	15	14,6				
12	19,2	18,1				
2	20,2	20	max. 20,2		max. 20,0	
4 45	19,2	18,9				
9 30	13,2	11,8	min. 13,2		min. 11,8	
Moyennes...	17,2	16	»	7,0	»	8,2
19 septembre.						
6 35	14,3	13	»	»	»	»
20 septembre.						
7 h.	16,1	15,3	min. 16,1			
9	20,2	»				
12	24	25,7				
3	24,2	26,7	max. 24,2		max. 26,7	
9 45	16,4	12,21			min. 12,21	
Moyennes...	20,2	20	»	8,1	»	14,5

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
21 septembre.						
6 30	14°8	15°1	min. 14°8		min. 16°1	
9	17,2	16,5				
12	18,7	17,3				
5	21,6	24,7	max. 21,6		max. 24,7	
10	18,9	18,2				
Moyennes ..	18,2	18,3	»	6°8	»	9°6
22 septembre.						
7 h.	17,1	18	min. 17,1			
9	22,8	24,6				
12	25,8	30,5				
3	26	28,6	max. 26,0		max. 28,6	
5	23,4	24,6				
10 15	19	17,5			min. 17,5	
Moyennes...	22,3	23,9	»	8,9	»	11,1
23 septembre.						
7 15	15,6	13,3	»	»	»	»
9	18,6	19,6	»	»	»	»
Moyennes...	17,1	16,45	»	»	»	»
24 septembre.						
6 45	16,5	»				
7 30	16,8	14,3				
9 30	17,8	15,4				
12	19	17,5				
3	19,8	18,8	max. 19,8		max. 18,8	
5 15	17,7	15,5				
10	13,6	12	min. 13,6		min. 12,0	
Moyennes...	17,3	15,8	»	6,2	»	6,8

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
25 septembre.						
7 30	10°8	9°2	min. 10°8		min. 9°2	
9 30	15,1	13,8				
12	18,3	17,6				
3	18,5	19,6	max. 18,5		max, 19,6	
5 30	15,6	13,8				
Moyennes...	15,6	14,8	»	7°7	»	10°4
26 septembre.						
7 30	10,4	9,9	min. 10,4		min. 9,9	
9 30	15,6	16,2				
1 30	19,6	22,2	max. 19,6		max. 22,2	
Moyennes...	16,2	16,1	»	9,2	»	12,3
27 septembre.						
7 15	8,7	9,8	min. 8,7		min. 9,8	
9 30	14,7	21				
11 15	21	26,4			max. 26,4	
3 15	22	23,8	max. 22,0			
5 15	21	23,2				
9	12	11,2				
Moyennes...	18,6	19,2	»	13°3	»	16,6
28 septembre.						
6 45	8,3	10,6	min. 8,3		min. 10,6	
9	16	21,6				
12	21,7	28,9			max. 28,9	
3	22,9	27	max. 22,9			
5	20	25,2				
9 45	16,4	16,2				
Moyennes...	17,91	21,6	»	14,6	»	18,3

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
29 septembre.						
7 h.	11°9	12°6	min. 11°9		min. 12°6	
9	16,6	21,5				
12	21,8	27,2			max. 27,2	
3	22,4	27,3	max. 22,4			
5 30	19,9	23,3				
9 30	16,4	»				
Moyennes...	19,12	22,2	»	10°5	»	14°6
30 septembre.						
7 h.	17	16,6	min. 17,0		min. 16,6	
9	18,7	19,6			max. 19,6	
12	18,8	17,6	max. 18,8			
5	18,3	18,6				
Moyennes...	18,2	18,1	»	1,8	»	3,0
Moy. de sept.	17,57	18,35	»	»	»	»

MOYENNE DES OBSERVATIONS FAITES EN JUILLET, AOUT ET SEPTEMBRE.

MOIS.	TEMPÉRATURE AU NORD.	TEMP. DE LA SOUDURE.
Juillet.........................	17°62	17°52
Août............................	18,44	18,53
Septembre.....................	17,57	18,35
Moyennes...............	17,88	18,13

La différence entre les deux valeurs est égale à.................................. 0°26

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
1er octobre.						
9 h.	17°1	10°11	max. 17°1			
12	15,1	14,4				
3	15,1	15,5			max. 15°5	
6	14,4	13,1				
9 30	7	4	min. 7,0		min. 4,0	
Moyennes...	13,7	13	»	10°1	»	11°5
2 octobre.						
7 h.	5,5	5,1	min. 5,5			
9	10,8	12				
12	15,5	16,9			max. 16,9	
3	16,2	16	max. 16,2			
6	15	15,4				
9 30	8,2	4,8			min. 4,8	
Moyennes...	11,86	17,7	»	10,7	»	12,1
3 octobre.						
6 45	5	5,1				
8	9,7	9,6				
Moyennes...	7,35	7,35	»	4,7	»	4,5
4 octobre.						
6 50	5,9	8	min. 5,9		min. 8,0	
9	13,1	16,4				
12	18,4	23	max. 18,4		max. 23,0	
4 45	17,8	21,6				
10	10,3	8,6				
Moyennes...	13,1	15,52	»	12,5	»	15,0

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
5 octobre.						
7 h.	9°9	11°	min. 9°9		min. 11°	
9	13,8	16,3				
12	16,2	17,1	max. 16,2		max. 17,1	
2 30	14,2	12,2				
5	14,1	13,5				
10	9,9	11				
Moyennes...	13,64	13,5	»	6°3	»	6°1
6 octobre.						
6 35	5	5°	min. 5,1			
9	10,4	12,7				
12	14,6	17	max. 14,6		max. 17,0	
3 15	14,5	15				
5	13,6	15,2				
9 45	5,6	2,6			min. 2,6	
Moyennes...	10,67	11,25	»	9,5	»	14,4
7 octobre.						
6 45	3,8	3,8	min. 3,8		min. 3,8	
9	10	11,6				
12	15,3	18,1				
2	17,3	22,4	max. 17,3		max. 22,4	
5 15	17	21,2				
8	16	16,6				
Moyennes...	12,6	15,95	»	13,5	»	18,6
8 octobre.						
7 h.	15,2	15,2				
9	14,8	15,3				
12	15,7	18,2	max. 15,7		max. 18,2	
3	13,5	13,2				
6	12,6	10,5				
9	10	8,2	min. 10,0		min. 8,2	
Moyennes...	13,63	13,6	»	5,7	»	10,0

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
9 octobre.						
7 h.	4°5	4°0			min. 4°0	
9	7,4	»				
12	10	10,3				
2	11,7	»	max. 11°7			
5	10,2	12,6			max. 12,6	
9 30	4	»	min. 4,0			
Moyennes...	8,9	9,0	»	7°7	»	8°6
10 octobre.	»	»	»	»	»	»
11 octobre.						
7 h.	6,6	11,7	min. 6,6			
9	11	11,4				
12	14,4	15,5	max. 14,4			
3	14,1	15,9			max. 15,9	
6	12,6	12,7				
9 30	9,6	8,6			min. 8,6	
Moyennes...	11,4	12,7	»	7,8	»	7,3
12 octobre.						
7 h.	4,3	4,3	min. 4,3		min. 4,3	
9	7,5	6,6				
11 15	8,8	10,8	max. 8,8		max. 10,8	
7	6,2	6				
Moyennes...	6,7	6,97	»	4,5	»	6,5
13 octobre.						
7 h.	4,9	4	min. 4,9		min. 4,0	
9	8,5	10,8				
12	11,3	14,8				
3	14	15,5	max. 14		max. 15,5	
5	12,2	13,6				
8	10,5	11				
Moyennes...	10,23	11,6	»	9,1	»	9,5

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
14 octobre.						
6 45	8°9	10°	min. 8°9		min. 10°	
9	12,3	17,6				
12	16	20,9	max. 16,0		max. 20,9	
5	15,1	17,6				
8	11,9	13,6				
Moyennes...	10,7	13,3	»	7°1	»	10°9
15 octobre.						
7 h.	4,8	6,3	min. 4,8		min. 6,3	
9	10,9	14,1				
12	14,9	20,4	max. 14,9		max. 20,4	
5	13,8	18,7				
8	9,5	10,3				
Moyennes...	10,78	14,36	»	10,1	»	14,1
16 octobre.						
6 45	8,9	11,4	min. 8,9		min. 11,4	
9	13,6	19,5				
12	18,3	25	max. 18,3		max. 25	
3	18,1	24,9				
5	15,5	20,5				
8	11,6	13,2				
Moyennes...	14,3	19,1	»	9,4	»	13,6
17 octobre.						
6 30	7,9	8,8	min. 8,8		min. 7,9	
4 45	16,3	19,2	max. 16,3		max. 19,2	
7 45	11	11,2				
Moyennes...	11,73	13,3	»	7,5	»	11,3

COMPARAISON

entre les températures au nord mesurées avec le thermomètre et celles observées à 16m au-dessus du sol avec le thermomètre électrique, à Châtillon-sur-Loing.

DATE.	THERMOMÈT. au Nord.	SOUDURE du mât.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. au Nord.	VARIATION de température au Nord.	TEMPÉRATURE maxim. et minim. à la soudure.	VARIATION de température à la soudure.
18 octobre.						
6 45	8°2	10°	min. 8°2		min. 10°	
0	15,8	19,9				
12	20,4	23	max. 20,4			
3 20	19,4	24,5			max. 24,5	
5 15	15,7	17,5				
8 30	16,1	15,6				
Moyennes...	15	18,46	»	12°2	»	14°5
19 octobre.						
7 h.	14,9	14,4			min. 14,4	
10	15	14,6				
12	16,5	16				
2	16,8	17,1	max. 16,8		max. 17,1	
5	14,8	15				
8	11,6	»	min. 11,6			
Moyennes...	14,93	15,2	»	5,2	»	2,7
20 octobre.						
7 15	11,5	9,6	min. 11,5			
9 15	12,6	11,8			max. 12,2	
12	13,3	12,2	max. 13,3			
5	13	12				
8	9,8	7,8			min. 7,8	
Moyennes...	12	10,68	»	1,8	»	4,4

MOYENNE EN OCTOBRE.

Au nord.. 11°68
A la soudure du mât 13,00

Différence 1,32

MOYENNE DES MOIS DE JUILLET, AOUT, SEPTEMBRE ET OCTOBRE.

Au nord	16°,31
A la soudure du mât	16°,85
Différence	0°,54

	Au nord.	Soudure du mât.
Juillet, moyenne des variations	5°,45	6°,34
Août	7°,34	8°,76
Septembre	7°,43	10°,00
Octobre	8°,24	10°,18
Variations moyennes	7°,11	8°,82

Différence entre les variations.	
Juillet	0°,89
Août	1°,42
Septembre	2°,5
Octobre	1°,9

Différence entre les variations dans la journée.

moyenne ..... = 1°,68

En moyenne la température accusée par le thermomètre électrique, quand l'une des soudures est à une certaine hauteur au-dessus du sol et qu'elle est pourvue d'un réflecteur, doit être nécessairement plus élevée que celle accusée au nord, attendu que le réflecteur s'échauffant sous la radiation solaire réagit sur la soudure; mais lorsqu'il n'y a pas de soleil les deux températures sont sensiblement les mêmes.

Ayant déjà discuté, p. 84, 85 et 86, tout ce qui concerne la comparaison entre les observations simultanées faites avec le thermomètre électrique et le thermomètre ordinaire, je n'y reviendrai pas; je me bornerai seulement à quelques réflexions sur les variations diurnes des températures observées avec les deux instruments. Les variations,

telles que je les considère, ne sont pas les différences entre les maxima et les minima absolus, mais bien les différences entre les températures maxima et minima observées entre 6 et 7 heures du matin pour les minima, et entre 2 et 3 heures de l'après-midi pour les maxima, qui sont les heures où se montrent ordinairement les minima et les maxima. Les observations de Genève ayant été faites à des heures fixes, au lever du soleil, à 2 heures du soir et au coucher du soleil, donnent aussi sensiblement les maxima et les minima réels; on a pu avoir ainsi avec une certaine exactitude les variations diurnes.

§ II. — *De la température des végétaux et des variations qu'elle éprouve dans le cours de la journée et suivant la saison.*

Tout corps plongé dans l'air doit participer plus ou moins aux variations de température que ce milieu éprouve. Les effets dépendent de l'état de la surface du corps, de son pouvoir conducteur et de sa chaleur spécifique.

Je me suis occupé de déterminer ces variations, et à cet effet j'ai fait un très-grand nombre d'observations sur la température de différentes espèces d'arbres, en pratiquant dans leurs troncs ou leurs branches des trous de plusieurs centimètres de profondeur, inclinés de bas en haut, et dans lesquels on introduisait le thermomètre électrique ou le thermomètre ordinaire. Ces trous étaient remplis de sable ou de suif.

On trouvera ci-après les tableaux des observations faites du 30 juillet au 10 octobre 1858, à Châtillon-sur-Loing.

RELATION

entre les températures d'un érable de $0^m,44$ de diamètre, du bois mort, de la soudure extérieure du thermomètre électrique et du thermomètre au Nord.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à $0^m,055$ de profondeur.	TEMPÉRATURE d'un tronc de chêne mort de $0^m,44$ de diam.	TEMPÉRATURE de la soudure extérieure.	THERMOMÈTRE au Nord.	OBSERVATIONS.
30 juillet.					
Midi et demi.	15°5	»	»	6^h30 11°6	La température croît dans l'érable jusqu'à 9 h. du soir.
1 h. 30	15,3	»	»	9 15,5	
5 h. 30	16,2	»	»	Midi. 16,6	
6 h. 45	17,4	»	»	6 18,6	
8 h. 15	17,6	»	»	»	
Moyennes.......	16,4	»	»	15,5	
31 juillet. (Soleil.)					
7 h.	13	»	»	7 11	
9 h.	12,6	»	»	9 15,3	
3 h.	17,6	»	»	3 22	Accroissement jusqu'à 7 h.
5 h. 30	18,8	»	»	5,20 21	
7 h.	18,9	»	»	7 19,7	
7 h. 45	18,7	»	»	»	
10 h. 30	17,9	»	»	»	
Moyennes.......	16,8	»	»	17,8	
1er août.					
7 h. 45	14,2	»	»	»	
9 h.	14,1	»	»	»	
9 h. 30	15,8	»	17°3	17,1	
10 h. 30	16,4	»	18,7	18,5	
Midi.	16,4	»	19	19,9	
1 h.	17,2	»	22,4	20,5	Accroissement jusqu'à 7 h. 30.
2 h.	18	»	22,6	21,1	
3 h.	18,2	»	23,5	21,6	
5 h.	19,2	»	21,4	21,2	
6 h. 30	19,6	»	19,7	20,1	
7 h. 30	19,5		18	18,6	
8 h. 15	19		»	»	
Moyennes.......	17,91	»	20,6	19,8	

RELATION

entre les températures d'un érable de $0^m,44$ de diamètre, du bois mort, de la soudure extérieure du thermomètre électrique et du thermomètre au Nord.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à $0^m,055$ de profondeur.	TEMPÉRATURE d'un tronc de chêne mort de $0^m,44$ de diam.	TEMPÉRATURE de la soudure extérieure.	THERMOMÈTRE au Nord.	OBSERVATIONS.
2 août.					
7 h. 45	14°6	»	15°8	15°4	
9 h.	14,6	»	17,9	16,9	
12 h. 45	17,2	»	23,4	22	Accroissement jusqu'à 7 h. 30.
3 h.	18,9	»	25,2	24,6	
7 h. 30	20	»	17,7	19,8	
Moyennes.......	17,06	»	20	19,74	
août.					
6 h. 30	13,6	»	13	12,2	
9 h.	14,5	»	20,8	18,9	
Midi.	17	»	23	22,4	
2 h.	19,6	»	26,6	24,3	
4 h.	20	»	27,4	24,6	Accroissement jusqu'à 8 h. 30.
6 h.	20,6	»	24,2	23,2	
8 h. 30	21,3	»	19,2	18,6	
10 h.	20,6	»	17,7	17	
Moyennes.......	18,3	»	21,5	20,15	
4 août. 6 h. 30	17,4	»	17,1	16,7	
5 août. (Couvert.)					
11 h. 50	18,1	18°	21,8	22	
12 h. 30	18,7	18,7	22	23,2	
3 h.	20	20,1	23,9	23,3	Accroissement jusqu'à 10 h. 30.
6 h.	21,4	21,8	22,4	23	
8 h.	21,7	22	21,4	20,9	
10 h. 30	22,4	»	20,4	19,4	
Moyennes.......	20,4	20	21,98	21,98	

RELATION

entre les températures d'un érable de 0m,44 de diamètre, du bois mort, de la soudure extérieure du thermomètre électrique et du thermomètre au Nord.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à 0m,055 de profondeur.	TEMPÉRATURE d'un tronc de chêne mort de 0m,44 de diam.	TEMPÉRATURE de la soudure extérieure.	THERMOMÈTRE au Nord.	OBSERVATIONS.
6 août.					
6 h. 45 (Soleil.)	18°42	18°5	15°2	14°1	
8 h. 45	17,5	»	18,2	16,8	Accroissement jusqu'à 9 h. 20
7 h. 20 du soir.	20	»	19,6	19,1	
9 h. 40	20	»	17,3	»	
Moyennes.......	19	18,5	17,6	16,6	
7 août.					
6 h. 20	14,8	15,1	12,1	12	
8 août.					
6 h. 30	15,7	16,6	»	14	
9 h.	16,8	16,7	»	19,3	
1 h. 15	18,4	17,5	24,1	Midi. 23 3 h. 24,2	Accroissement jusqu'à 8 h.
4 h. 15	21	»	24,2	24	
6 h. 15	21,7	»	22,5	23	
8 h.	21,7	»	20,4	20,2	
Moyennes.......	19,2	»	22,8	21,1	
9 août.					
8 h. 30	18,2	»	20	»	
11 août.		Le bois a été noirci.			
4 h. 30 du soir.	24	25,4	27	»	
7 h.	24,8	25,8	23,6	»	Accroissement jusqu'à 8 h. 45
8 h. 45	24,6	»	24,2	»	
Moyennes.......	24,5	25,6	25	»	

RELATION

entre les températures d'un érable de $0^m,44$ de diamètre, du bois mort, de la soudure extérieure du thermomètre électrique et du thermomètre au Nord.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à $0^m,055$ de profondeur.	TEMPÉRATURE d'un tronc de chêne mort de $0^m,44$ de diam.	TEMPÉRATURE de la soudure extérieure.	THERMOMÈTRE au Nord.	OBSERVATIONS.
12 août.					
7 h.	19°2	20°4	19°	18°4	Accroissement jusqu'à 10 h.
9 h.	20	»	23	23,6	
10 h. 30 du soir.	25,4	25,4	22,3	»	
Moyennes.......	21,5	22,9	21,4	21	
13 août.					
11 h.	»	»	25,6	27,2	
1 h. 15	»	»	28,1	»	
3 h.	»	»	28,2	»	
7 h.	»	»	26,3	26,6	
9 h. 45	»	»	23,1	»	
Moyennes.......	»	»	26,2	»	
14 août.					
6 h. 50	21,9	22,4	20,2	19,4	
10 h.	21,5	21	22,9	23,3	
12 h.	21,6	22	»	»	On a pris la moyenne de 6 h. 50 à 10 h. du soir.
4 h.	23,2	22,8	25	»	
10 h.	22,3	»	20	»	
Moyennes.......	22,2	22	22	22,68	
15 août.					
7 h.	18,8	»	17	16,6	
9 h.	19,2	»	19,1	»	La tempér. moyenne au Nord entre 7 h. du matin et 7 h. du soir est 19.
1 h.	19,6	19,8	21,7	»	
3 h.	19,9	20,3	22	»	
7 h.	20,9	22	20	20	
Moyennes.......	19,7	20,7	20	19	

RELATION

entre les températures d'un érable à $0^m,44$ de diamètre, du bois mort, de la soudure extérieure du thermomètre électrique et du thermomètre au Nord.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à $0^m,055$ de profondeur.	TEMPÉRATURE d'un tronc de chêne mort de $0^m,44$ de diam.	TEMPÉRATURE de la soudure extérieure.	THERMOMÈTRE au Nord.	OBSERVATIONS.
16 août.					
6 h. 50	15°2	16°5	13°	»	
8 h. 45	15,9	15,4	19,1	»	
6 h. 15 du soir.	22,1	23,6	23,1	»	
8 h.	22,4	24,9	23,1	»	
10 h.	21,4	23,6	17,6	»	
Moyennes.......	19,4	20,4	19,2	»	
17 août.					
6 h.	18,8	18,4	18,1	»	
9 h.	19	18,9	22	»	
Midi.	21,2	20,7	26,8	»	
7 h.	23,1	23,2	27	»	
6 h. 30	25,5	26	26,4		
10 h.	»	»	»	»	
Moyennes.......	21,5	21,4	24	»	
Moyennes générales.	19,7	20,5	20,6	»	
18 août.	On a placé une soudure dans l'érable à 1^m au-dessus du sol.				
10 h.	22,5	»	»	»	
11 h.	22,8	»	»	»	
11 h. 30	»	21,7	»	»	
Midi.	23,2	22	»	28°4	
1 h.	23,9	22,3	»	29,2	
2 h.	24,5	23	»	29,8	
3 h.	24,8	23,6	»	29,8	
4 h.	25	24,1	»	29,9	
4 h. 45	25,2	24,1	»	31	
6 h. (Orage ; pluie.)	23	24,7	»	19,25	
7 h.	22,8	24	»	21	
8 h.	22,4	22,7	»	19,3	
Moyennes.......	* 23,94	23,5	»	26,4	* La moyenne est prise depuis midi.

RELATION

entre les températures d'un érable de 0m,44 de diamètre, du bois mort, de la soudure extérieure du thermomètre électrique et du thermomètre au Nord.

DATE ET HEURE.	THERMOMÈTRE placé dans l'érable, à 0m,1.	SOUDURE placée dans l'érable, à 0m,1.	TEMPÉRATURE de la soudure extérieure.	THERMOMÈTRE au Nord.	OBSERVATIONS.
19 août.					
6 h. 15	»	»	»	16°4	
9 h.	17°5	18°6	17°2	17,8	
10 h.	17,7	18,6	18,2	18,4	
11 h.	17,8	19,2	20	19,8	
Midi.	18,3	19 (Pluie.)	19,4	21,2	
1 h.	18,5	18,7 (Soleil.)	18,5	18 (Pluie.)	
2 h.	18,8	19	21	21 (Soleil.)	
3 h.	18,6	19,6	18,4	17 (Pluie.)	
4 h.	18,6	18,7	20,5	19,4	
5 h.	18,6	18,5	18,7	16,9	
6 h.	18,4	19,8	18	17,2	
7 h.	18,2	19,1	17,5	16,2	
8 h.	18	19	17	15,6	
10 h.	17,5	18,8	17	15,1	
Moyennes.......	18,2	18,92	18,6	18,2	
Moyennes générales.	19,75	20,8	20,05	19,60	
	TEMPÉRATURE de l'érable à 1m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE de l'érable à 2m au-dessus du sol.	SOUDURE extérieure.		On a cherché la température dans l'arbre à deux hauteurs différentes.
20 août.					
6 h. 30	16°	»	15°2	15	
9 (Pluie.)	16,2	»	15	14,7	
10 h. 10	15,4	16°7	»	14,7	
Midi.	15,4	15,6	15,4	16	
3 h. (Après une forte averse.)	16,4	16	19,4	20,1	
5 h. 30	17	17,1	»	16,5	
7 h.	17	17,4	13,4	16	
9 h. 30	18	17,3	15,6	15,8	
Moyennes.......	16,67	16,66	16,2	16,2	

RELATION

entre la température de l'érable et celle de la soudure extérieure du thermomètre électrique.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à 1m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE de l'érable à 2m au-dessus du sol.	SOUDURE extérieure.	TEMPÉRATURE au Nord.	OBSERVATIONS.
21 août. (Nuages et soleil.)					
7 h.	15°1	14°1	13°1	12°	
9 h.	14	15,1	15,4	14,6	On a continué à observer la température à deux hauteurs différentes.
1 h. (Orage.)	14,9	14,6	13,4	13,4	
3 h.	14,3	14,6	14,7	15	
5 h.	15,3	14,1	14,6	15,6	
7 h.	14	14	13,2	13,5	
9 h. 30	14,6	14,2	12,9	13	
Moyennes.......	14,6	14,4	14,3	14	
22 août. (Pluie battante.)					
6 h. 30	13	13	12	11,6	
9 h.	12,9	12,7	12,4	12,9	
11 h.	13	13,1	12,7	13,5	
1 h.	13,4	14,2	13,8	15,6	
3 h.	13,2	13,2	13,8	15,3	
Moyennes.......	13,08	13,36	12,83	13,78	
Lacune du 23 au 28 août.					
29 août.					
8 h.	13	13,3	13,4	13,5	
9 h. 45	13,4	13,4	15,8	15,5	
Midi.	14,3	14,3	17,3	16,9	
3 h.	15,4	15,8	17,4	17,7	
5 h.	16,1	16,2	17,3	17,5	
7 h.	16,2	16,6	16,2	16	
9 h. 30	16,2	16,2	14,4	14,7	
Moyennes.......	15,07	15	15,9	15,9	

RELATION

entre la température de l'érable et celle de la soudure extérieure du thermomètre électrique.

DATE ET HEURE.	TEMPÉRATURE de l'érable à 1m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE de l'érable à 2m au-dessus du sol.	SOUDURE extérieure.	TEMPÉRATURE au Nord.	OBSERVATIONS.
30 août.					
7 h. (Couvert.)	15,1	15,1	15,3	14,9	
9 h. 45	14,9	15	15,9	15,8	
3 h.	17,1	17,1	20	19,7	
5 h. 45	17,5	»	18,3	18,5	
10 h.	17	»	15,6	14,5	
Moyennes.......	16,3	16	17	16,7	
31 août.					
7 h.	14,9	15	14	13,2	
9 h.	14,7	14,6	14,4	14,3	
Midi.	15	15	16,7	16,4	
3 h.	16,4	16,3	18,8	18,2	
5 h. 45	16,5	»	17,6	17,2	
10 h.	15,8	»	14,8	12,6	
Moyennes.......	15,5	»	16,05	15,3	

Dans les tableaux suivants se trouvent les observations de température faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément dans plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de 0m,4 de dia. à une prof. de 0m,15 au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
30 juillet.							
12 h. 30	16°6	15°5	»	»	»	»	»
1 30	»	15,3	»	»	»	»	»
5 30	»	16,2	»	»	2°3	»	»
6 45	»	17,4	»	»	»	»	»
5 15	»	17,6	»	»	»	»	»
Moyennes..	»	16,4	»	»	2,3	»	»
31 juillet.							
7 h.	11	13	»	»	»	»	»
9	15,3	12,6	»	»	»	»	»
3	22	17,6	»	»	»	»	»
5 30	21	18,8	»	11°	6,3	»	»
7	19,7	18,9	»	»	»	»	»
7 45	»	18,7	»	»	»	»	»
10 30	»	17,9	»	»	»	»	»
Moyennes .	17,8	16,8	»	11	6,3	»	»
1er août.							
7 h. 45	»	14,2	»	»	»	»	»
9	»	14,1	»	»	»	»	»
9 30	17,1	15,8	»	»	»	»	»
10 30	18,5	16,4	»	»	»	»	»
12	19,9	16,4	»	»	»	»	»
1	20,5	17,2	»	4,5	5,4	»	»
2	21,1	18	»	»	»	»	»
3	21,6	18,2	»	»	»	»	»
5	21,2	19,2	»	»	»	»	»
6 30	20,1	19,6	»	»	»	»	»
7 30	18,6	19,5	»	»	»	»	»
8 15	»	19	»	»	»	»	»
Moyennes..	19,8	17,91	»	4,5	5,4	»	»

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de $0^m,4$ de dia. à une prof. de $0^m,15$ au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
2 août.							
7 h. 45	15°4	14°6	»	»	»	»	»
9	16,9	14,6	»	»	»	»	»
12 45	22	17,2	9°	9°2	5°4	»	»
3	24,6	18,9	»	»	»	»	»
7 30	19,8	20	»	»	»	»	»
Moyennes..	19,74	17,06	9	9,2	5,4	»	»
3 août.							
6 h. 30	12,2	13,6	»	»	»	»	»
9	18,9	14,5	»	»	»	»	»
12	22,4	17	»	»	»	»	»
2	24,3	19,6	»	12,4	7,7	»	»
4	24,6	20	»	»	»	»	»
6	23,2	20,6	»	»	»	»	»
8 30	18,6	21,3	»	»	»	»	»
10	17	20,6	»	»	»	»	»
Moyennes..	20,15	18,3	»	12,4	7,7	»	»
4 août. 6 h. 30	16,7	17,4	»	»	»	»	»
5 août.							
11 h. 45	22	18,1	»	»	»	»	18°
12 30	23,2	18,7	»	»	»	»	18,7
3	23,3	20	»	3,9	4,3	»	20,1
6	23	21,4	»	»	»	»	21,8
8	20,9	21,7	»	»	»	»	22
10 30	19,4	22,4	»	»	»	»	»
Moyennes..	21,98	20,4	»	3,9	4,3	»	20

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de $0^m,4$ de dia. à une prof. de $0^m,15$ au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
6 août.							
6 h. 45	14°1	18°12	»	»	»	»	»
8 45	16,8	17,5	»	5°	2°5	»	18°5
7 20	19,1	20	»	»	»	»	»
9 45	»	20	»	»	»	»	»
Moyennes..	16,6	19	»	5	2,5	»	18,5
7 août.							
6 h. 20	12	14,8	»	»	»	»	»
11	»	16,6	16°	»	»	»	»
12	20,8	17	16	»	»	»	»
2	21,9	17,6	16,2	9,9	5,8	1°4	15,1
5 45	»	20	»	»	»	»	»
6 15	21,2	20,6	17,4	»	»	»	»
7 30	18,6	19,7	17	»	»	»	»
9 30	15,9	20,2	17,4	»	»	»	»
Moyennes..	18,3	17,06	16	9,9	5,8	1,4	15,1
8 août.							
6 h. 30	14,3	15,7	16,1	»	»	»	»
9	19,3	16,8	16,4	»	»	»	»
12	23	»	»	»	»	»	»
4 45	»	21,3	17,2	»	»	»	»
7 15	»	21,7	18	»	»	»	»
8	»	21,8	18,4	»	»	»	»
Moyennes..	18,83	19,48	17,2	»	»	»	»
9 août.							
6 h. 30	15,4	17,6	17,9	»	»	»	17,7
8 30	»	18,2	18,2	»	»	»	»
Moyennes..	15,4	17,9	18,05	»	»	»	17,7

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de 0m,4 de dia. à une prof. de 0m,15 au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
11 août.							
9 h.	23°6	20°	20°	»	»	»	»
12	27	22,[illegible]	19,2	»	»	»	21°2
4 20	25,9	23,7	20,7	»	»	»	24,8
7	24,3	24,7	21,5	»	»	»	24,8
Moyennes..	25,2	22,77	20,35	»	»	»	23,6
12 août. 10 h. 30 du s.	20	25,4	»	»	»	»	25,4
13 août. 6 h. 30	16,6	»	20	»	»	»	17,6
8	20,4	»	20	»	»	»	»
11	27,2	21,1	20,1	»	»	»	21,1
1 15	29,2	22,8	20,2	»	»	»	22,4
3	29,2	24	21,2	»	»	»	24
7	26,5	25	21,7	»	»	»	26,8
9 45	»	26,7	22	»	»	»	»
Moyennes..	24,85	24	20,64	»	»	»	22,4
14 août. 6 h. 30	19,4	21,9	21	»	»	»	22,4
10	23,3	21,5	21	»	»	»	21
12	18,3	21,6	20,7	»	»	»	22
4	24,9	23,2	20,7	»	»	»	22,8
10	»	22,9	21,1	»	»	»	»
Moyennes..	21,5	22,2	20,9	»	»	»	22,05
15 août. 7 h.	16,6	18,8	19,9	»	»	»	»
9	18,7	19,2	19,5	»	»	»	»
11	»	»	»	»	»	»	»
1	20,8	19,6	19,8	»	»	»	19,8
3	21,7	19,5	19,0	»	»	»	20,3
6 15	»	»	»	»	»	»	»
7	20	20,9	19,7	»	»	»	»
Moyennes .	19,56	19,5	19,7	»	»	»	20,05

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de 0m,4 de dia. à une prof. de 0m,15 au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
16 août. 6 h. 10	11°4	15°2	18°8	»	»	»	16°5
8 45	19,6	15,9	18	»	»	»	15,4
5	24,3	»	»	»	»	»	»
6 15	23	22,1	18,6	»	»	»	23,6
8	18,2	22,4	19,6	»	»	»	24,9
10	16,3	21,4	19,6	»	»	»	23,6
Moyennes..	18,8	19,4	18,76	»	»	»	20,8
17 août. 6 h.	17,2	18,8	18,6	»	»	»	18,4
9	22,5	19	18,7	»	»	»	18,9
12	27,8	21,2	19,3	»	»	»	20,7
3	28,4	23,1	20,3	»	»	»	23,2
6 30	26	25,5	20,6	»	»	»	26
9 45	21,5	24,7	»	»	»	»	»
Moyennes..	23,9	22,05	19,5	»	»	»	21,4

Du 5 août au 18 la moyenne des températures observées dans l'érable avec le thermomètre électrique et dans le bois mort avec le thermomètre ordinaire a été à peu près la même.

DATE.	ÉRABLE.	BOIS MORT.
6 août.	18°2	18°5
7	14,8	15,1
8	16,25	16,6
9	17,6	17,7
10	23,6	23,6
12	25,4	25,4
13	23,2	23,5
14	22,05	22,05
15	19,75	20,05
16	19,4	20,8
17	21,5	21,4
18	21,6	21,6
Moyennes............	20,28	20,5

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de 0m,4 de dia. à une prof. de 0m,15 au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
18 août. 7 h. 15	26°	21,6	20°	»	»	»	21°6
19 août.		Observées avec le thermomètre divisé en 1/10.	Observées avec le thermomètre électrique.	VARIATION dans la température de l'érable mesurée avec le thermom. ord.	VARIATION dans la température de l'érable mesurée avec le thermom. élect.		
9 h.	17,8	17°5	18,6			»	»
10	18,4	17,7	18,6			»	»
11	19,8	17,8	19,2			»	»
12	21,2	18,3	19			»	»
1	18 Pluie.	18,5	18,7			»	»
2	21	18,8	19			»	»
3	»	18,6	19,6			»	»
4	19,4	18,6	18,7			»	»
5	16,9	18,6	18,5	1°3	1°3	»	»
6	17,2	18,4	19,8			»	»
7	16,2	18,2	19,1			»	»
8	15,6	18	19			»	»
9	»	»	»			»	»
10	15,1	17,9	18,8			»	»
Moyennes..	17,9	18	18,9	1,3	1,3	»	»
20 août.							
6 h. 30	15	16	19,9	»	»	»	»
9	14,7	16,2	17,7	»	»	»	»
10 10	14,7	15,4	»	»	»	»	»
10 15	»	»	»	»	»	»	»
12	16	15,4	»	»	»	»	»
3	20,1	16,4	17,3	»	»	»	»
Forte averse.			»	»	»	»	»
5 30	16,5	17	»	»	»	»	»
7	16	17	»	»	»	»	»
9 30	15,8	18	»	»	»	»	»
Moyennes..	16,5	16,7	18,3	»	»	»	»

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de 0m,4 de dia. à une prof. de 0m,15 au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
21 août.							
7 h.	12°	15°1	16°	»	»	»	»
9	14,6	14	»	»	»	»	»
12 Orage.	14,8	15,2	»	»	»	»	»
1	13,4	14,9	»	»	»	»	»
3	15	14,3	»	»	»	»	»
5	15,6	15,3	16,6	»	»	»	»
7	13,5	14	15,9	»	»	»	»
9 30	13	14,6	»	»	»	»	»
Moyennes..	14	14,6	16,25	»	»	»	»
22 août.							
6 h. 30	11,6	13	15,4	»	»	»	»
9	12,9	12,9	14,6	»	»	»	»
12	13,5	13	14,2	»	»	»	»
1	15	13,4	»	»	»	»	»
3	13,78	13,2	15	»	»	»	»
Moyennes..	13,46	13,08	14,8	»	»	»	»
29 août.							
8 h.	13,5	13	13,9	»	»	»	»
9 45	15,5	13,4	13,7	»	»	»	»
12	16,9	14,3	13,9	»	»	»	»
3	17,7	15,8	14,3	»	»	»	»
5	17,5	16,2	14,5	»	»	»	»
7	16	16,6	»	»	»	»	»
9 30	14,7	16,2	»	»	»	»	»
Moyennes..	15,9	15,07	14,4	»	»	»	»
30 août.							
7 h.	14,9	15,1	14,6	»	»	»	»
9 45	15,8	14,9	14,9	»	»	»	»

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord avec le thermomètre.	TEMPÉRATURE de l'érable avec le thermomètre électrique.	TEMPÉRATURE du tilleul de $0^m,1$ de dia. à une prof. de $0^m,15$ au pied de l'arbre avec le therm. électr.	VARIATION de la température au Nord.	VARIATION de la température dans l'érable.	VARIATION de la température dans le tilleul.	TEMPÉRATURE du bois mort.
12	19°7	17°1	14°6	»	»	»	»
5 45	18,5	17,5	»	»	»	»	»
10	14,5	17	»	»	»	»	»
Moyennes..	16,7	16,3	14,7	»	»	»	»
31 août.							
7 h.	13,2	14,9	»	»	»	»	»
9	14,8	14,7	»	»	»	»	»
12	16,4	15	»	»	»	»	»
3	18,2	16,4	»	»	»	»	»
5 46	17,2	16,5	»	»	»	»	»
10	12,6	15,8	»	»	»	»	»
Moyennes..	15,3	15,5	»	»	»	»	»
1er septemb.							
6 h. 45	13,6	13,6	14,4	»	»	»	»
8 45	15	13,5	»	»	»	»	»
5	17,2	15,8	»	»	»	»	»
9 30	16	16,4	»	»	»	»	»
Moyennes..	15,5	15	»	»	»	»	»
2 septembre.							
6 h. 30	14,7	15,6	15,1	»	»	»	»
9	17,2	15,7	»	»	»	»	»
12	19,6	17	»	»	»	»	»
3	20,9	18	»	»	»	»	»
5 45	19	18,3	»	»	»	»	»
10 40	17,2	18,2	»	»	»	»	»
Moyennes..	18,1	17,13	15,1	»	»	»	»

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites simultanément sur plusieurs espèces d'arbres.

DATE.	TEMPÉRATURE au nord avec LE THERMOMÈTRE.	TEMPÉRATURE de L'ÉRABLE.	TEMPÉRATURE du BOIS MORT.	SOUDURE superficielle dans L'ÉRABLE.
8 août.				
6h 30	»	15,7	16,6	»
9	»	16,8	16,7	»
Moyenne........	»	16,25	16,65	»
9 août.				
6h 30	»	17,6	17,7	»
11 août.				
Midi.	»	22,4	21,2	»
4h 20	»	23,7	24,5	»
7	»	24,7	24,8	»
Moyenne........	»	23,6	23,6	»
12 août.				
10h 30 Soir.	»	25,4	25,4	»
13 août.				
6h 30	»	»	17,6	»
11	»	21,1	21,1	»
1h 15	»	22,8	22,4	»
3	»	24	24	»
7	»	25	26,8	»

OBSERVATIONS

simultanées sur un prunier et au haut du mât.

DATE.	TEMPÉRATURE de la soudure au haut du mât.	TEMPÉRATURE du prunier.	DIFFÉRENCE.	MOYENNE.	OBSERVATIONS.
Septembre.					
2	18°33	21°75	+ 3°42	2°19	On voit que dans la première quinzaine de septembre la température à 16 mètres au-dessus a été inférieure en moyenne de 2°19 à celle du prunier. La plus grande différence a été de 4°80; la plus faible, de — 1°30. Les plus grandes différences correspondent aux jours où la soudure a été le plus échauffée par l'action directe.
3	18,8	20,47	+ 1,67		
4	24	28	+ 4		
5	18	22,8	+ 4,8		
6	16,27	20	+ 3,73		
7	14,7	17	+ 2,3		
8	15,63	17,06	+ 1,43		
9	22	23,8	+ 1,8		
10	20,2	20,4	+ 0,02		
11	19,5	18,2	— 1,3		
Moyennes...	18,7	20,94			
Septembre.		Le prunier a été revêtu de lames de fer-blanc.			
17	16,2	19,54	+ 3,34	1,65	En entourant le prunier d'un réflecteur en fer-blanc, la différence n'est plus que de 1°65.
18	16,7	19,2	+ 2,5		
20	20	20,4	+ 0,4		
21	18,3	18,2	0,0		
22	23,9	23,9	0,0		
Moyennes...	19,02	20,24			
Septembre.		On a enlevé l'enveloppe.			
23	16,45	17,65	1,2	3,29	Le réflecteur ayant été enlevé, la différence s'est trouvée augmentée.
24	15,6	18,5	2,84		
25	15,05	20,8	5,75		
Moyennes. .	15,7	18,98			

OBSERVATIONS

simultanées sur un prunier et au haut du mât.

DATE.	TEMPÉRATURE de la soudure au haut du mât.	TEMPÉRATURE du prunier.	DIFFÉRENCE.	MOYENNE.	OBSERVATIONS.
Septembre.		On a empaillé le prunier.			
26	16°01	15°2	— 0°81		
27	19,20	18,75	— 0,45		
28	21,6	19,4	— 2,2		
29	22,2	20,48	— 1,72		
30	18,1	19,75	+ 1,65		
Octobre.					
1	13	15,75	+ 2,75		
2	11,7	12,96	+ 1,26	0°53	Du 26 septembre au 12 octobre, le prunier a été entouré de paille d'une épaisseur de plusieurs centimètres; la différence n'a plus été que de 0°53 en moyenne, c'est-à-dire que la température du prunier ne dépassait en moyenne que d'un demi-degré celle du haut du mât.
4	15,5	16	+ 1		
5	12,26	15,86	+ 2,6		
6	11,25	12,98	+ 1,83		
7	15,95	13,3	— 2,65		
8	13,6	15,7	+ 2,1		
11	12,75	12,85	+ 0,1		
12	6,97	7,7	+ 0,73		
Moyennes...	15,07	15,47			
Octobre		On a replacé le réflecteur de fer-blanc.			
13	11,6	9,5	— 2,1		
14	15,95	13,3	— 2,65		
15	14,8	13,2	— 4,6		
16	19,1	15,4	— 3,9	—2,26	On a recouvert l'enveloppe en paille du réflecteur de fer-blanc; la différence du 13 octobre a été en moyenne de — 2°26. Le prunier s'est évidemment moins échauffé; sa température a été en moyenne inférieure à celle du haut du mât de 2°26.
18	18,46	15,51	— 2,95		
19	15,2	15,6	+ 0,4		
20	10,68	13,72	— 3,04		
Moyennes...	15,39	14,32			

OBSERVATIONS
simultanées sur un prunier et au haut du mât.

DATE.	HEURE de la température maximum de la soudure du mât.	TEMPÉRATURE maximum.	HEURE de la température maximum du prunier.	TEMPÉRATURE maximum.	OBSERVATIONS.
Septembre.					
2	3 h.	22°8	3 h.	23°7	Avec le prunier sans enveloppe, le maximum de température a lieu en général vers 3 h., comme avec la soudure.
3	3	22,3	5 30	22,6	
4	3	33,7	8	37,6	
5	Midi	21,7	Midi	27,3	
6	I	20,1	3	24,3	
7	Midi	17,4	2	21,8	
8	3	19,4	3	19,8	
9	3	22	3	27,7	
10	»	»	2 30	35	
11	»	»	Midi	32,4	
13	»	»	3 15	33,5	
			Enveloppe de fer-blanc.		
15	»	»	3 h.	30°	Avec l'enveloppe de fer-blanc, le maximum a lieu aussi en général vers 3 h., et dans la soudure entre midi et 5 h.
16	3	31,8	3	26,3	
17	Midi	17,9	4 30	19,8	
18	2	20	2	22	
20	3	26,7	3	24,7	
21	5	24,7	5	21,2	
22	Midi	30,5	3	31,9	
			On a enlevé l'enveloppe de fer-blanc.		
24	3	18,8	3 h.	21°	Maximum pour les 2 à 3 h.
25	3	19,6	3	25,4	
27	11 15	26,4	3 15	23	

OBSERVATIONS

simultanées sur un prunier et au haut du mât.

DATE.	HEURE de la température maximum de la soudure du mât.	TEMPÉRATURE maximum.	HEURE de la température maximum du prunier.	TEMPÉRATURE maximum.	OBSERVATIONS.
Septembre.			On a empaillé le prunier.		
28	3 h.	27°	3 h.	23°7	
29	3	27,3	3	24,5	
30	»	»	3	20,3	
Octobre.					
1er	3	15,5	3	17,1	Maximum en général pour les 2 à 3 h
2	3	16	5	16,2	
4	Midi	23	4 45	21	
5	Midi	17,1	2 30	18,6	
6	5	15,2	5	15,8	
7	3	22,4	3	17,4	
8	Midi	18	3	16,8	
9	»	»	2 45	14,1	
11	3	15,9	3	14,2	
13	3	15,5	3	13,6	
14	Midi	20,9	5	16	On a replacé le réflecteur en fer-blanc. Avec le prunier, le maximum a lieu vers 5 h., dans le mât en général vers 3 h., quelquefois avant.
15	Midi	20,4	5	15,4	
16	3	21,9	5	18,5	
17	»	»	»	»	
18	3 20	24,5	5 15	18,4	
19	2	17,1	5	16,1	
20	3	»	Midi	18,8	

COMPARAISON ENTRE LES TEMPÉRATURES DE L'AIR A 16m AU-DESSUS DU SOL
observées avec le thermomètre électrique
et les températures du prunier observées avec le même instrument.

DATE.	TEMPÉRATURE de l'air à 16m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE de l'intérieur du prunier.	DIFFÉRENCE entre les deux températures.	TEMPÉRATURE au nord avec le thermomètre.	DIFFÉRENCE entre la temp. du prunier et celle au nord.
2 septembre.					
3 h.	22°8	23°7	»	20°9	»
5 45	19,2	20,2	»	19	»
10	16,7	19,3	»	17,2	»
Moyennes.....	19,6	21,07	+ 1°47	19	+ 2°07
3 sept. Couvert.					
7 h.	15,5	16	»	16,2	— 0,2
9	17,2	17,8	»	17,5	+ 0,3
12	19	22	»	19	+ 3
3	21,3	21,5	»	20,8	+ 0,7
5 30	21,8	22,6	»	20,12	+ 2,5
8	21,8	21,6	»	»	»
10	17	20,3	»	17	+ 3,3
Moyennes.....	18,8	20,5	+ 1,7	18,45	+ 2,05
4 septembre.					
6 h. 30	15	14,5	»	14,2	»
9	22,7	18	»	18,6	»
12	»	»	»	»	»
2	29,6	37,6	»	25,2	»
3	33,7	35,7	»	25,3	»
5	»	32,2	»	»	»
10	19,4	23,2	»	18,6	»
Moyennes.....	24	28	+ 4	20,4	7,6
5 septembre.					
7 h	17,5	16,2	»	»	»
9	18,3	20,4	»	»	»
12	21,7	27,3	»	»	»
3	»	27,1	»	»	»
4 30. Orage.	»	26,2	»	»	»
5 15	17,7	24	»	»	»
10	14,1	18,41	»	»	»
Moyennes	18	22,8	+ 4,8	»	»

COMPARAISON ENTRE LES TEMPÉRATURES DE L'AIR A 16m AU-DESSUS DU SOL

observées avec le thermomètre électrique
et les températures du prunier observées avec le même instrument.

DATE.	TEMPÉRATURE de l'air à 16m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE de l'intérieur du prunier.	DIFFÉRENCE entre les deux températures.	TEMPÉRATURE au nord avec le thermomètre.	DIFFÉRENCE entre la temp. du prunier et celle au nord.
6 septembre.					
6 h. 45	11°5	14°2	»	»	»
9	14,7	15,5	»	»	»
12	»	»	»	»	»
1	20,1	23,5	»	»	»
3	19,2	54,3	»	»	»
5 15	18,5	23	»	»	»
8	13,6	29,1	»	»	»
Moyennes.....	16,27	20	+ 3,73	»	»
7 septembre.					
7 h.	9,4	10,5	»	»	»
9	13,8	14,3	»	»	»
12	17,4	19,4	»	»	»
2	17,2	21,8	»	»	»
4 15	15,6	21,1	»	»	»
9	»	17,6	»	»	»
Moyennes.....	14,7	17	+ 2,3	»	»
8 septembre.					
7 h.	14	13,7	»	»	»
7 30	»	»	»	»	»
9	14,3	14,9	»	»	»
12 Pluie fine.	15,3	16,8	»	»	»
3	19,4	19,8	»	»	»
5 15	19,4	20	»	»	»
9 15	12,9	17,2	»	»	»
Moyennes.....	15,65	17,06	+ 1,41	»	»
9 septembre.					
7 h.	13,5	13,1	»	»	»
9	18,9	18	»	»	»
12	»	20	»	»	»
3	22	27,7	»	»	»
5 15	»	24	»	»	»
10 30	»	16,5	»	»	»
Moyennes.....	18,1	19,9	+ 1,8	»	»

COMPARAISON ENTRE LES TEMPÉRATURES DE L'AIR A 16m AU-DESSUS DU SOL
observées avec le thermomètre électrique
et les températures du prunier observées avec le même instrument.

DATE.	TEMPÉRATURE de l'air à 16m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE de l'intérieur du prunier.	DIFFÉRENCE entre les deux températures.	TEMPÉRATURE au nord avec le thermomètre.	DIFFÉRENCE entre la temp. du prunier et celle au nord.
10 septembre.					
6 h. 30	»	10°	»	»	»
7	14°1	»	»	»	»
9	21,9	16,5	»	»	»
12	24,6	31,6	»	»	»
2 30	»	35	»	»	»
5 30	»	29,2	»	»	»
10	»	19,4	»	»	»
Moyennes.....	20,2	23,6	+ 3,4	»	»
11 septembre.					
6 h. 45	13,4	10,6	»	»	»
7	»	»	»	»	»
9	25,6	17,4	»	»	»
12	»	32,4	»	»	»
5 15	»	30,6	»	»	»
Moyennes.....	19,5	22,75	+ 3,25	»	»
12 septembre.					
6 h. 45	15,6	11,5	»	»	»
9	22,4	17,6	»	»	»
5 30	»	25,3	»	»	»
Moyennes.....	19	18,13	— 0,87	»	»
13 septembre.					
7 h. 15	15,9	10,6	»	»	»
9	23,8	18,4	»	»	»
12	»	33	»	»	»
3 15	»	33,5	»	»	»
8	»	24,8	»	»	»
Moyennes.....	19,85	24,1	+ 4,25	»	»

COMPARAISON

entre la température au nord avec les températures observées dans le bois mort et le prunier.

DATE.	TEMPÉRATURE du bois mort mesurée au thermomètre.	TEMPÉRATURE du bois mort mesurée avec la soudure.	TEMPÉRATURE du prunier recouvert de fer-blanc.	TEMPÉRATURE au nord.	OBSERVATIONS.
15 septembre.					
7 h.	18°4	»	18°2	14°	
9	18,4	16°5	20	20,5	En supprimant les observations de 3 et de 5 h., on a pour les moyennes de la 2e et de la 3e colonne 23°3 et 23°3.
11 45	23	23,1	23,2	26,1	
1	26,3	26,7	25,4	26,3	
3	30	34,8	27,3	26,3	En agissant de même pour la résultante de la 4e col., on a pour moyenne 23°4.
5	29,4	34,3	27,2	26,3	
5 15	»	»	»	»	
8	28	»	»	21,7	
9 45	25,5	26,6	25	18	
Moyennes..	23,3	23,3	23,4	22,6	
16 septembre.					
6 h. 50	18,4	18,3	17,3	11,7	
9	18	17,4	17,3	13	
9 30	19	19,5	»	»	En supprimant les observations de 9 h. 30 et de 11 h. dans la 2e et la 3e col., on a pour moyennes 24°23 et 24°.
11	21,7	21,7	»	»	
12	22,6	23,5	22,7	24	
3	28,4	28,1	26,3	25,3	
5	29,2	29	24,7	23,8	
8	27,8	27,7	26,6	18	
Moyennes..	24,23	24	22,5	19,32	
17 septembre.					
6 h. 45	20	20	19,9	17	
9	19,4	»	19,6	18	Égalité.
12	19,5	»	19,6	18,6	

COMPARAISON

entre la température au nord avec les températures observées dans le bois mort et le prunier.

DATE.	TEMPÉRATURE du bois mort mesurée au thermomètre.	TEMPÉRATURE du bois mort mesurée avec la soudure.	TEMPÉRATURE du prunier recouvert de fer-blanc.	TEMPÉRATURE au Nord.	OBSERVATIONS.
17 septembre.					
4 h. 30	19°4	19°8	19°8	»	Égalité.
9	18,9	»	18,8	18°	
Moyennes..	19,45	»	19,54	»	
18 septembre.					
7 h.	16,6	16,7	16,9	15	Les moyennes des observations faites à 7 h., 9 h. et midi sont 17°8 et 17°93.
9	16,8	17,3	»	17	
12	20	19,8	20	19,2	Les moyennes des observations faites à midi, 2 h., 4 h. 45 et 9 h. dans les colonnes 2, 4 et 5, ont pour moyennes 21°92 et 20°2.
2	22,5	»	22	20,6	
4 45	23,8	»	19,7	19,2	
9	21,4	»	19,2	13,9	
Moyennes..	»	»	»	»	
19 septembre.					
7 h.	16,1	16	»	14,3	
20 septembre					
7 h.	»	»	17,5	16,1	
9	18	»	18,4	20	
12	20,8	»	19,2	24	
3	24,6	»	24,7	24,2	
Moyennes..	20,35	»	19,95	»	
21 septembre					En somme, on voit que les températures mesurées avec le thermomètre et avec la soudure sont sensiblement les mêmes.
6 h. 30	17,6	»	16,9	14,8	

AOUT 1858.

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites à des heures fixes au nord, dans l'érable et dans le tilleul.

DATES.	NORD.			ÉRABLE.			TILLEUL.		
	9h matin	3h soir	9h soir	9h matin	3h soir	9h soir	9h matin	3h soir	9h soir
7	»	21°9	15°9	16°6	17°6	20°2	16°	16°6	17°3
8	19°3	»	»	16,8	21,3	21,7	16,4	17,2	18,4
11	23,6	25,9	24,3	20	23,7	24,7	20	20,7	21,5
13	20,4	25,2	23,1	»	24	26,7	20	21,2	22,0
14	20,2	25	20	21,5	23,2	22,9	21	20,7	21,1
15	18,7	21,7	20	19,2	»	20,9	19,5	19,5	19,7
16	19,6	»	17,2	15,9	19,9	22,0	18	»	19,6
17	22,5	28,4	21,5	19,0	23,1	24,7	18,7	20,3	20,6
18	»	»	»	22,5	14,0	22,8	»	»	»
19	17,5	20	15,3	17,5	18,6	15,4	»	»	»
20	14,7	20,1	16	16,2	16,4	18	»	»	»
21	14,6	15,0	13	14,0	14,3	14,6	»	»	»
22	12,9	»	»	12,9	»	»	»	»	»
29	15,5	17,5	14,7	13,4	15,4	16,2	»	»	»
30	15,8	»	14,5	15	»	»	»	»	»
31	14,8	18,2	12,6	14,6	16,3	»	»	»	»
Moyennes....	17,17	17	16,56	16,06	18,77	21,69	18,71	19,45	21,20

Température moyenne de l'air. . . . . . 17°23
Température moyenne de l'érable. 19,14
Température moyenne du tilleul. 19,78

SEPTEMBRE 1858.

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites à des heures fixes au nord, dans l'érable et dans le prunier.

DATES.	NORD.			ÉRABLE.			PRUNIER.					
	9h m.	3h s.	9h s.	3h m.	3h s.	9h s.	9h matin.		3h soir.		9h à 10h soir.	
1	15°0	17°2	16°0	13°5	15°8	16°4	»		»		»	
2	17,2	20,9	17,2	15,7	18,0	18,2	»		23°7		19°3	
3	17,5	20,8	18,2	17,1	18,6	20,1	17°8		21,5		21	
4	18,6	25,30	18,6	16,8	20,3	21,50	»		»		»	
5	18,6	21,1	16,9	18,1	20,4	19,90	»		»		»	
6	14,8	19,4	14,4	16,2	17,8	17,60	15,5		24,3		20,1	
7	15,21	19,2	15,1	13,2	15,5	16,90	14,3	16°50	21,8	26°13	17,4	19°46
8	16	19,1	15	15,1	17,1	17,30	14,9		19,8		17,2	
9	16,1	20,0	12,7	15,5	18,0	»	18		27,7		16,5	
10	16,8	21,80	13,50	13	»	»	16,5		35,0		19,4	
11	19,6	24	»	13,8	»	»	17,4		31		»	
12	19	21	»	15,8	»	»	17,6		23		»	
13	18,2	24,7	17	14,8	13,0	»	18,4		33		24,8	
							Prunier couvert avec du fer blanc.					
14	»	»	»	»	»	»	»		»		30°	
15	»	»	»	»	»	»	20°		27°3		25	
16	»	»	»	»	»	»	17,3		26,3		26,6	
17	18	20	16,6	»	»	»	19,6		19,80		18,8	
18	17	19,8	13,9	»	»	»	17,3	18°14	22	25°64	20,8	22°80
19	»	»	»	»	»	»	»		»		»	
20	20,2	24,2	16	»	»	»	18,4		24,7		»	
21	17,2	20,1	18,9	»	»	»	17,1		18,5		»	
22	22,8	26	»	»	»	»	19,4		31,9		»	
							On a enlevé le fer blanc.					
23	18,6	»	»	»	»	»	18°6		»		»	
24	17,8	19,8	17,1	18,0	17,6	»	»		21°6		15°	
25	15,1	8,5	»	13,2	16,2	»	»		25,6		»	
26	15,6	17,5	»	12,2	16,2	»	16,1		»		»	
27	14,7	22	12	11,7	»	17,7	13,9	16°20	23	23°10	20,5	20°20
28	16,0	22,2	15,4	12,4	17,9	18,2	14,4		23,7		22,2	
29	16,6	22,4	16,4	16,0	20	20,6	17,3		24,5		23,6	
30	18,7	20,5	16,3	17,6	19,3	»	19,1		20,3		19,8	
Moyennes.	16,85	20,10	15,28	14,99	7,56	18,38						

Température moyenne au nord. . . . . . 17°41
Température moyenne de l'érable. 17,00

OCTOBRE 1868.

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE

faites à des heures fixes au nord et dans l'érable.

DATES.	NORD.			ÉRABLE.		
	9h matin.	3h soir.	9h soir.	9h matin.	3h soir.	9h soir.
1	17°3	13°1	7°0	15°4	15°5	»
2	10,8	16,2	8,2	9,5	13,3	12°1
3	9,7	»	»	13,6	»	»
4	13,1	17,6	10,3	9,4	14,6	13,6
5	13,8	14,0	9,9	12,0	16,2	13,5
6	10,4	14,5	5,6	8,0	11,6	»
Moyennes.....	12,61	15,08	8,2	11,33	13,96	13,10

Température moyenne au nord. . . . . 11°91
Température moyenne de l'érable. . . . 12,79

Les tableaux (pages 750 à 754) contiennent les observations faites du 30 juillet 1838 au 18 août, sur la température d'un érable de $0^{m},44$ de diamètre à $0^{m},055$ de profondeur, à 1 mètre au-dessus du sol, avec deux thermomètres électriques placés l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur, sur la surface de l'arbre; ces observations ont donné en moyenne :

Avec le thermomètre dans l'intérieur de l'arbre.................. 19°,7
Avec le thermomètre à l'extérieur de l'arbre.................... 20°,6

Différence en faveur de l'arbre.................. 0°,9

La température observée au nord a donné 20°; différence, 0°,3 en faveur de l'air.

Le même tableau contient encore les températures d'un tronc d'arbre mort, dont la moyenne a été 20°,5, et les températures observées dans l'érable à 1 mètre au-dessus du sol, et à 2 mètres, à 1 mètre de profondeur, du 20 au 31 août août (pages 755 à 759) :

A 1^m au-dessus du sol	15°,20
A 2^m au-dessus du sol	15°,7

Ces deux températures, ne différant que d'environ 0^m,1, sont sensiblement égales.

Les tableaux, qui occupent les pages 758 à 765, contiennent toutes les observations simultanées de température, faites du 30 juillet au 2 septembre 1858, au nord, dans un érable et un tilleul, avec les variations diurnes de température.

Les moyennes des températures dans le tilleul a été de 19°65, du 7 au 30 août, et dans l'air, au nord, 20°15; la différence 0°,5 provient sans doute de la position du trou dans le tilleul et de sa plus grande profondeur.

Passons aux variations de température.

Les variations de température ont eu lieu dans l'érable comme dans l'air, si ce n'est que les heures des maxima n'ont pas été les mêmes. En été le maximum s'est montré dans l'air à 3 heures; dans l'érable, de 6 à 7 heures du soir. On en aura la preuve dans l'exemple suivant :

DATE.	TEMPÉRATURE au NORD.	VARIATION ou DIFFÉRENCE entre le maximum et le minimum.	TEMPÉRATURE dans L'ÉRABLE.	VARIATION.
1er août.				
7h45	15°		14°12	
9	16,1		14,1	
9,30	17,1		15,8	
10,30	18,5		16,4	
12	19,9		16,4	
1	20,5		17,2	
2	21,1	6°6	18	5°4
3	21,6		18,2	
5	21,2		19,2	
6,30	20		19,6	
7,30	18		19,5	
8,15	»		19	
Moyennes....	19,05		18,8	

Dans l'air, la température maximum a été à 3 heures; dans l'érable, entre 6 et 7 heures. La plus grande variation dans l'air a été de 6°,6; dans l'érable, de 5°,4. Le mouvement de la chaleur a donc été plus lent dans le premier que dans le second sous l'influence d'une température élevée.

Le tableau suivant contient toutes les observations faites dans la journée du 9 août 1858, les températures observées simultanément avec le thermomètre ordinaire et le thermomètre électrique, placés l'un dans l'érable, la soudure de l'autre dans une cavité de $0^m,055$ de profondeur, et le thermomètre dans une cavité légèrement inclinée de 9 centimètres de profondeur :

DATE.	THERMOMÈTRE au NORD.	VARIATION.	THERMOMÈTRE ordinaire DANS L'ÉRABLE.	VARIATION.	SOUDURE dans L'ÉRABLE.	VARIATION.	SOUDURE appliquée à la surface DE L'ÉRABLE.	VARIATION.
19 août.								
6h15	18°4		18°1		18°		»	
9	17,4		17,5		18,6		17°2	
10	18,4		17,7		18,6		18,2	
11	19,8		17,8		18,2		20	
12	21,2		18,3		19		19,4	
1 Pluie.	18		18,5		18,7		18,5	
2	21	5°9	18,8	1°6	19	1°8	21	1°
3 Pluie.	»		18,6		19,6		18,4	
4	19,4		18,6		18,7		20,5	
5	16,9		18,6		18,5		18,7	
6	17,2		17,2		19,8		18	
7	16,2		18,2		19,1		17,5	
8	15,6		18		19		17,2	
10	15,1		17,5		18		17	
Moyennes..	17,85		18,07		18,78		18,58	

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que la moyenne des températures de l'érable à 0m,055 de profondeur a été, dans le cours de la journée, de 18°,78, mesurée au thermomètre électrique, tandis qu'elle n'a été que de 18°,07, évaluée au thermomètre dont le réservoir était placé à une profondeur de 9 centimètres dans une cavité légèrement inclinée. Quoi qu'il y ait eu une différence de 0°,71 entre les deux températures, les variations de température, dans les deux cas, ont été sensiblement les mêmes : dans le pre-

mier cas, elle a été de 1°,8, et dans le second, de 1°,2. Quant à la moyenne des températures accusées par la soudure appliquée sur l'érable et à celle des températures observées au nord, elles ont été, l'une de 18°,58 et l'autre de 17°,85, et les variations de 4 degrés et de 5°,9. Les différences entre ces résultats ne peuvent être attribuées qu'à des effets de rayonnement qui n'ont pas été les mêmes dans les deux cas, la soudure et le thermomètre n'étant pas placés dans les mêmes conditions, l'une étant abritée, l'autre ne l'étant pas. Des expériences faites dans une journée ne permettent pas d'en tirer des conséquences générales, attendu qu'en général, lorsque les arbres ont une certaine épaisseur, les variations de température dans l'air ne se font sentir que longtemps après dans l'arbre; il n'en est plus de même quand on prend les moyennes d'un grand nombre d'observations: dans ce cas, toutes les observations faites dans l'érable avec le thermomètre électrique et au nord avec le thermomètre ordinaire, depuis le 30 juillet jusqu'au 31 août, ont donné pour températures moyennes:

Dans l'érable	18°,80
Au nord	18°,87

Les moyennes des températures ont donc été exactement les mêmes pendant cette période.

Le maximum de température a eu lieu dans l'arbre tantôt à 6 heures, à 8 heures, tantôt à 10 heures du soir, en moyenne 6 heures 4 minutes, et au nord à 3 heures.

En moyenne, la variation de 6 heures du matin à 10 heures du soir a été:

Dans l'érable, de	3°,8
Au nord, de	6°,14

En septembre, on a eu pour moyennes :

Dans l'érable	16°,80
Au nord	17°,67
Différence en faveur de l'air	0°,87

Heures des maxima :

Dans l'érable, vers	6 heures.
Au nord, vers	3 heures.

A peu près comme en août.

Moyennes des variations :

Dans l'érable	3°,86
Dans l'air, au nord	7°,86

En octobre, moyennes des températures :

Dans l'érable	11°,98
Dans l'air, au nord	11°,78
Différence	0°,20

Variations :

Dans l'érable	3°,82
Dans l'air, au nord	8°,34

On voit par ces résultats que dans les mois d'août, septembre et octobre les moyennes des températures dans l'érable et dans l'air au nord n'ont présenté des différences sensibles qu'en septembre, et que, pendant ces trois mois, les variations ont été, dans l'érable, à peu près moitié de ce qu'elles ont été dans l'air au nord.

La température, dans un arbre, est donc loin d'être la même dans toutes ses parties ; si les feuilles et les menues branches se mettent promptement en équilibre de température avec l'air, le tronc ne tarde pas aussi à s'y mettre jusqu'à une profondeur de $0^{m},1$.

Il était important d'étudier le mouvement de la chaleur, non plus dans un arbre placé à l'ombre, dans un massif, mais bien dans un arbre exposé au levant, à la radiation solaire et près du mur de ville dont on a parlé précédemment. Cet arbre était un prunier couvert de feuilles et de fruits, ayant 6 mètres de hauteur et $0^m,35$ de diamètre; il se trouvait dans les conditions voulues pour être fortement échauffé par l'action solaire. On a comparé sa température, mesurée avec une des soudures placée au centre, à celle de l'air au haut du mât, à 16 mètres au-dessus du sol. Voici les résultats obtenus. Voir les tableaux des pages 129 à 135.

Du 2 au 11 septembre, moyennes des températures :

Dans le prunier	20°,94
Dans l'air	18°,70
Différence	2°,24

Heures des maxima :

Dans le prunier, vers	2 h. 45 m.
Dans l'air	3 h.

Les heures des maxima sont à peu près les mêmes.

Variations :

Dans le prunier	13°,07
Dans l'air	8°, 5

Dans le prunier, pendant plusieurs jours, la différence entre le maximum et le minimum a été de 24 et 25 degrés; ainsi, on a vu, page 71, la température s'élever, à une profondeur de $0^m,12$ dans l'arbre, jusqu'à 35, 36 et 37 degrés. Un pareil régime ne devait pas tarder à l'énerver; aussi à la fin de septembre les feuilles se sont flétries, les fruits sont tombés, et tout annonçait une mort prochaine. Il s'est produit dans

cette circonstance un effet que les horticulteurs appellent un coup de chaleur et à la suite duquel l'arbre meurt.

Ces faits serviront peut-être à expliquer plusieurs points encore obscurs de physiologie végétale. Je n'ai indiqué, ici, que la partie purement physique du phénomène. Il paraît donc qu'un arbre s'échauffe dans l'air comme un corps inerte, et d'autant plus rapidement que le corps a moins de volume et que son écorce a un pouvoir absorbant plus considérable ; il était à présumer qu'en entourant le tronc du prunier jusqu'à la hauteur de 2 mètres d'une enveloppe métallique de fer-blanc, par exemple, on diminuerait, en raison du pouvoir rayonnant de l'enveloppe, l'échauffement de l'arbre. L'expérience a confirmé cette conjecture : on a trouvé, en premier lieu, pages 129, 130, 131, que du 15 au 22 septembre, les heures des maxima de température sont restées les mêmes qu'avant que l'enveloppe eût été appliquée.

La moyenne des températures de l'air, au haut du bâtiment, pendant la même période de temps, a été de.................................. 16°,86
Celle du prunier.. 19°,64

La variation moyenne, au haut du mât, a été de............... 9°,5
Dans le prunier... 5°,2

En comparant ces résultats aux précédents, on trouve de grandes différences ; ainsi à quelques jours de distance, par une température qui était sensiblement la même, la variation, c'est-à-dire la différence entre le maximum et le minimum, est descendue de 13°,07 à 5°,2, quoique la température n'ait pas baissé de 2 degrés. On voit par là que la température est devenue uniforme dans le prunier.

On a enlevé l'enveloppe de fer-blanc pendant les jour-

nées des 22, 23, 24 et 25 septembre; les variations ont été :

Dans le prunier, de	10°,9
Dans l'air	8°,5

Les différences entre les maxima et les minima ont donc augmenté comme avant l'application de l'enveloppe.

Enfin, du 25 septembre au 13 octobre, on a entouré le tronc du prunier, jusqu'à la hauteur de 2 mètres, de paille sur une épaisseur de 3 à 4 centimètres; on a eu alors, pour moyennes des températures observées :

Dans le prunier	15°,24
Dans l'air	14°,4

Moyennes des heures des maxima :

Dans le prunier	3 h. 47 m.
Dans l'air	1 h. 30 m.

Variations :

Dans le prunier	6°,7
Dans l'air	11°,33

L'étendue des variations s'est abaissée dans le prunier, tandis qu'elle a augmenté dans l'air.

Ces résultats démontrent que les enveloppes métalliques ou de paille diminuent dans les végétaux les variations et rendent le mouvement de la chaleur plus régulier.

Dans une feuille d'Opuntia placée près du thermomètre ordinaire au nord, la température mesurée avec le thermomètre électrique et sa variation ont été exactement les mêmes qu'au nord; voir le tableau suivant. Ne peut-on pas en conclure que les feuilles et les menues branches se mettent promptement en équilibre de température avec l'air ambiant?

TEMPÉRATURE DE L'OPUNTIA

COMPARÉE A CELLE DU THERMOMÈTRE ORDINAIRE PLACÉ AU NORD, TOUT A COTÉ.

L'opuntia avait 1 centimètre d'épaisseur et les fils étaient introduits dans le sens longitudinal des feuilles.

DATE.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE de L'OPUNTIA.	OBSERVATIONS.
9 septembre. 7 h. 9 Midi. 3 5 15 10 30	 13°8 16,1 19,3 20,0 19,6 12,7 (17,76)	 14°0 16,2 19,6 19,7 19,0 » (17,66)	L'opuntia possède la température du milieu ambiant et participe aux variations qu'il éprouve.
10 septembre. 6 30 7	 10,3 11,8 (11,05)	 » 11,7 (11,7)	La moyenne ne peut se déduire que d'un certain nombre d'observations, comme dans la 1re série.
11 septembre. 7 9	 14,5 18,4 (16,45)	 14,1 18,4 (16,3)	
12 septembre. [illegible]	 19,0	 19,2	
13 septembre. 9	 14,6	 14,5	

Le thermomètre électrique a servi également à étudier les changements de température qui ont lieu sous l'influence de la radiation solaire dans l'eau d'une rivière, à la profondeur de $0^m,80$, et dans un massif de maçonnerie de 2 mètres d'épaisseur.

Deux séries d'observations ont été faites dans la rivière, l'une du 24 au 31 juillet, l'autre du 12 au 20 octobre.

VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE DE LA RIVIÈRE.

Première série d'observations.

DATE.	RIVIÈRE.		NORD.		MAT.		DIFFÉRENCE entre les nombres de la 1re et la 2e col.
24 juillet.							
1 h.	19°8	19,6	19°2	18,8	19°1	18,2	+ 0°6
9 h. du soir.	19,4		18,4		17,3		+ 1,0
25 juillet.							
7 h. du matin.	17,5	18,97	17,3	18,1	16,8	18,35	+ 0,2
7 h. du soir.	20,2		19,3		»		+ 0,9
8 h.	19,2		17,7		19,9		+ 1,5
11 h.	19		»		»		»
26 juillet.							
7 h. du matin.	15,4	17,2	15	16	15,4	17,4	+ 0,4
7 h. du soir.	20,8		18,2		19,4		+ 2,6
9 h. 15	15,3		14,8		»		+ 0,5

VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE DE LA RIVIÈRE.

Première série d'observations. (*Suite.*)

DATE.	RIVIÈRE.		NORD.		MAT.		DIFFÉRENCE entre les nombres de la 1re et la 2e col.
27 juillet.							
7 h. du matin.	16,3		15,7		16		+ 1,4
Midi.	22,2	19,8	21,7	19,8	25	21,3	+ 1,5
3 h.	21		22		23,3		+ 1,0
28 juillet.							
7 h. Pluie fine.	16,4		15,3		14,2		+ 1,1
9 h.	17	17,9	16	15,7	14,9	14,7	+ 1,0
2 h. Pluie forte.	20,2		15,9		14,9		+ 4,3
29 juillet.							
7 h. du matin.	13,2	16,35	13	15,15	12,6	15,3	+ 0,2
4 h. 45	19,5		17,5		18		+ 2,2
30 juillet.							
6 h. 30	12°6		11°6		10°6		+ 1°0
Midi.	18,8	16,7	16,6	14,1	16,3	13,5	+ 2,2
8 h. 30	18,7		»		»		»
31 juillet.							
7 h. du matin.	11,6		11		13		+ 0,6
9 h.	17,4		15,3		»		+ 2,1
3 h. du soir.	20,8	17,46	22	17,8	23,8	18,54	— 1,2
5 h. 30	19,8		21		17,8		— 1,2
7 h.	17,7		19,7		19,6		— 2,0

VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE DE LA RIVIÈRE.

Deuxième série d'observations.

DATE.	RIVIÈRE.	NORD.	MAT.	DIFFÉRENCE entre les nombres de la 1re et la 2e col.
12 octobre.				
7 h. du matin.	11°9	4°3	4°3	+ 7°6
9 h.	11,5 } 11,87	7,5 } 6,7	6,6 } 7,0	+ 4,0
11 h. 15	12,8	8,8	10,8	+ 4,0
7 h. du soir.	11,3	6,2	6,2	+ 5,1
13 octobre.				
7 h. du matin.	10,9	4,9	4,9	+ 5,0
9 h.	11	8,5	8,5	+ 2,5
Midi.	12,3 } 12,2	11,3 } 10,23	11,3 } 10,23	+ 1,0
3 h. du soir.	13	14	14	— 1,0
5 h.	13,6	12,2	12,2	+ 1,4
8 h.	12,3	10,5	10,5	+ 1,8
14 octobre.				
6 h. 45 du matin.	11	8,9	10	+ 2,1
9 h	11,7	12,3	17,6	— 0,6
Midi.	12,4 } 12,6	16 } 12,8	20,9 } 15,94	— 3,6
5 h. du soir.	14,3	15,1	17,6	— 1,8
8 h.	13,6	11,9	13,6	+ 1,7
15 octobre.				
7 h. du matin.	12,8	4,8	6,3	+ 8,0
9 h.	9,4	10,9	14,1	— 1,5
Midi.	12,8 } 12,2	14,9 } 10,78	20,4 } 14,30	— 1,2
5 h. du soir.	13	13,8	18,7	— 0,8
8 h.	13	9,5	10,3	+ 3,5

VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE DE LA RIVIÈRE.

Deuxième série d'observations. (*Suite.*)

DATE.	RIVIÈRE.		NORD.		MAT.		DIFFÉRENCE entre les nombres de la Ire et la 2e col.
16 octobre.							
6 h. 45 du matin.	13,1		8,9		11,4		+ 4°2
9 h.	13,2		13,6		19,5		— 0,2
Midi.	14,5		18,3		25		— 3,8
3 h. du soir.	14,5	14,5	18,1	14,3	24,9	19,1	— 4,0
5 h.	15,6		15,5		20,5		+ 0,1
8 h.	16,1		11,6		13,2		+ 4,5
17 octobre.							
6 h. 30 du matin.	12,9		7,9		8,3		— 5,0
4 h. 45 du soir.	15,6	14,4	16,3	11,73	19,2	13,3	+ 1,2
7 h. 45	15,6		11		11,2		+ 4,6

Ire Série.

Moyennes températures de l'air au haut du mât.................. 17°,15

Idem dans l'eau.......................... 16°,75

IIe Série.

Moyenne des températures de l'air.......................... 13°,80

Idem de l'eau .... 13°,44

Heure des maxima dans l'air...................... 3 heures.

Idem dans l'eau, variable.............. de 5 à 6 heures.

Dans les deux séries, les moyennes des températures de l'air et de l'eau ne diffèrent dans la première série que de 0°,4, dans la seconde de 0°,36.

On voit donc que du 24 au 31 juillet la température de l'eau, à la profondeur de 0^m,80, a suivi les variations de celle de l'air. Le soir, par l'effet de la radiation céleste, l'eau se refroidit d'autant plus à la surface que la température de l'air s'abaisse davantage et descend ensuite dans les parties inférieures.

Il est important, comme question de physique terrestre, de déterminer à divers instants de la journée, et à différentes profondeurs, la température des masses rocheuses qui constituent les montagnes; ne me trouvant pas dans la position de le faire maintenant, je me suis attaché, pour avoir une idée de ce qui se passe dans ces masses qui forment les saillies du globe, à observer les variations de température dans l'intérieur d'un mur de ville de 8 mètres de hauteur et de 2 mètres de profondeur; une des soudures du thermomètre électrique a d'abord été placée dans le mur à 0^m,66 de profondeur.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS

FAITES DANS UN MUR DE VILLE DE 8^m DE HAUTEUR ET DE 2^m DE PROFONDEUR.

La soudure a été placée à $0^m,66$ de profondeur.

DATES.	SOUDURE à $0^m,66$.		MOYENNE des températures AU MAT.
Juillet 27	18°8		20°55
28	18,8		15,5
29	18,65		15,08
30	18,80		15,1
Août 3	18,70		24,17
5	18,00	18,63	
6	18,50		
7	19,30		17,8
8	18,60		20,0
9	18,90		
11	18,00		
12	18,60		25,5
14	20,80		20,7
15	19,80		17,8
16	20,50		20,4
17	20,40	20,3	22,7
18	20,00		23,9
20	20,60		15,43
21	20,60		
22	20,40		
29	19,2		16,5
30	17,8		16,2
Sept. 1	17,0		14,8
2	16,8		18,33
3	16,9		18,8
4	16,9		24,0
5	16,3	17,65	18,0
6	17,4		16,27
7	17,3		14,7
8	17,3		15,65
9	17,0		18,1
11	17,4		19,5
Sept. 12	18°3		19°0
15	19,2		17,8
17	18,45		16,2
22	17,3		23,9
27	18,1		19,2
28	18,8	18,02	21,6
30	18		13,1
Octob. 1	17,6		13,0
2	17,7		11,7
3	•		7,35
4	15,5		15,52
5	15,76		13,26
6	16,16	15,75	11,26
7	15,45		15,95
8	15,0		13,6
9	15,4		
10	14,8		
11	14,3	14,7	14,3
12	14,8		14,8
13	14,1		14,1
14	13,45		13,6
15	13,67		14,8
16	12,95		19,1
17	13,23	13,25	13,3
18	12,94		12,94
19	13,56		15,2
20	13,6		10,68

La moyenne dés températures observées a été :

Du 26 juillet au 12 août	18°,62
Du 13 au 29	20°,30
Du 30 août au 11 septembre	17°,65
Du 12 septembre au 2 octobre	18°,02
Du 4 octobre au 8	15°,75
Du 8 octobre au 13	14°,73
Du 14 octobre au 20	13°,25

Dans l'air, au haut du mât, on a eu :

Du 13 au 29 août	20°
Du 30 août au 11 septembre	16°,9
Du 12 septembre au 2 octobre	18°,02
Du 1er octobre au 20	14°,00

Ces résultats montrent : 1° que du 12 septembre au 20 octobre la température du mur, à $0^m,66$, a été continuellement en diminuant. Il y a donc eu constamment un rayonnement pendant la nuit, vers les objets extérieurs ; 2° ces variations de température sont à peu près les mêmes que celles de l'air, à 16 mètres au-dessus du sol.

J'ai voulu savoir aussi quelles étaient les variations de température dans le mur, le plus près possible de la surface, à 1 centimètre seulement en dedans. En général, la température du mur est de plusieurs degrés supérieure à celle de l'air, soit au nord, soit au haut du mât. Les résultats obtenus montrent que la température du mur et probablement celle des rochers, à une profondeur de 1 à 2 centimètres, n'est pas soumise aux mêmes variations diurnes que la température de l'air.

L'homme et les animaux doivent recevoir également une influence calorifique de l'air au milieu duquel ils vivent. Des

recherches ayant pour but de déterminer cette influence ne peuvent manquer d'avoir beaucoup d'intérêt. J'essayerai de les entreprendre aussitôt que le temps me le permettra.

Les résultats qui précèdent montrent quel parti on peut tirer du thermomètre électrique pour étudier une foule de questions relatives à la température des corps organisés et des corps inorganisés, et à celles de l'air à des hauteurs plus ou moins grandes et de la terre à diverses profondeurs.

TRACÉ GRAPHIQUE

de plusieurs des séries d'observations rapportées dans le chapitre IV.

PLANCHE III.

Fig. 1. Température de l'érable, du tilleul et de l'air au nord, du 7 au 31 août 1858 (Châtillon-sur-Loing).

Fig. 2. Température du prunier, de l'air, au nord et au haut du mât, pendant l'été de 1858 (Châtillon-sur-Loing).

Ces tracés mettent en évidence les conséquences qui ont été déduites des observations.

CHAPITRE IV.

OBSERVATIONS DE TEMPÉRATURE FAITES DE DÉCEMBRE 1858 A DÉCEMBRE 1859, ET CONSÉQUENCES QUI S'EN DÉDUISENT.

---

§ Ier. — *Tableaux des observations de température.*

Les observations de température ont été faites :

1° Dans l'intérieur d'un marronnier abrité des vents du nord et du nord-ouest, et recevant l'action solaire depuis le matin jusque dans l'après-midi ;

2° A la surface, du côté nord ;

3° Au nord, à l'ombre.

Cet arbre, se trouvant abrité, se trouvait dans des conditions exceptionnelles.

Voici les tableaux des observations faites pendant la période de treize mois.

DÉCEMBRE 1858.

DATES.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	8°	8°9	4°1	7°7	7°6	7°8
2	5,6	9,2	2,6	6,8	6,8	7,2
3	3,6	9,4	3,5	7,0	6,7	6,9
4	2,9	7,8	6,6	5,8	5,5	5,4
5	6,7	7,9	7,0	5,5	5,2	»
6	7	7,3	6,0	5,7	6,3	5,8
7	3,5	3,5	3,5	5,6	5,4	5,0
8	4,0	5,8	1,0	4,6	4,6	4,4
9	2,5	2,8	2,3	4,0	3,6	»
10	0,0	0,1	1,8	2,8	2,5	2,0
11	2,2	3,0	2,8	1,6	1,6	1,7
12	2,8	2,2	»	2,0	2,1	»
13	0,1	1,2	1,0	2,10	2,4	1,5
14	2,5	4,0	4,2	1,4	1,4	1,6
15	0,8	0,4	0,0	2,3	2,6	2,5
16	0,7	1,5	1,4	2,10	1,4	1,4
17	0,3	2,0	0,4	1,10	1,1	0,5
18	2,0	7,3	8,4	0,80	1,0	4,5
19	9,5	8,0	»	2,70	3,8	»
20	5,3	7,5	4	5,5	5,8	5,6
21	3,7	6,5	8,7	5,4	5,3	5,3
22	10,2	11,0	5,7	6,2	7,1	7,5
23	5,8	10,0	10,6	7,4	7,3	6,9
24	8,7	8,9	6,0	7,5	7,8	7,7
25	5,0	8,0	7,2	7,3	7,2	6,9
26	6,8	9,6	8,2	7,2	7,3	»
27	7,4	4,8	5,0	7,4	7,0	7,0
28	5,8	6,5	4,8	6,5	5,9	6,0
29	5,0	6,6	4,2	5,7	5,6	5,1
30	2,2	4,0	4	4,6	4,5	3,7
31	4,6	5,4	3,8	4,2	4,4	4,1
Moyennes. . .	4,35	5,77	4,65	4,73	4,74	4,65

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord. . 4°92
Moyenne des températures dans le marronnier. 4,70

JANVIER 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	0°6	2°8	1°0	4°	3°4	3°2
2	0,8	2,5	4	2,8	2,5	»
3	2,6	4	3,9	2	2,1	»
4	4,3	4,4	5,6	2,4	2,6	2,9
5	5,8	6	2,10	3,5	4	4
6	— 0,9	1,4	0,6	3,6	3,2	2,7
7	— 0,5	1,3	1,4	2,2	2,3	1,2
8	0,5	2,5	0,4	1,4	1,4	1,6
9	— 3,4	0,6	— 4	0,9	1,1	»
10	— 5	0,4	1,2	0,4	0,1	0,8
11	2,7	5,4	4,2	0,3	0,2	0,0
12	3,2	6,5	6,3	0,4	0,5	0,5
13	5,4	6,4	3,2	1,8	2,1	2,3
14	— 0,2	2,7	0,0	2,8	2,6	2,5
15	0,2	2	— 1,2	2,1	1,3	1,6
16	— 4,2	1,4	2	1,2	1,1	»
17	0,2	3	4	0,4	0,2	2,3
18	5,7	8,4	7,8	0,7	1,5	2,1
19	7,2	7,5	6,6	3,8	4'1	4,8
20	4	6,9	4	5,3	5,1	5,4
21	5,2	8,6	2,5	5,5	5,5	4,9
22	1,5	8,7	5	5,4	4,9	4,9
23	1,8	6,6	5	4,8	5,5	»
24	3,4	8	4,4	5,3	4,8	4,7
25	7,9	10,5	8,7	5,2	5,4	»
26	8,2	9,3	5,8	6,2	7,6	7,2
27	5,8	9,8	8,6	7,1	7,2	7,2
28	9,4	9,7	10,2	7,8	7,9	7,8
29	9	11,3	10,4	8,7	8,8	9,1
30	11,6	10	6,6	9,6	9,6	»
31	4,2	7,9	3,2	9,4	9,1	8,3
Moyennes.....	3,23	5,69	3,96	3,78	3,81	3,70

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord.. 4°22

Moyenne des températures du marronnier 3,81

FÉVRIER 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
I	1°3	»	3°4	7°4	»	6°05
2	6,8	8°6	»	5,6	5°4	»
3	4,7	5	2,2	5,85	6	5,5
4	0,1	4,5	1,2	5,3	4,6	4,65
5	1,0	»	2,1	4,2	»	3,4
6	3,2	6,9	»	3,4	3,4	»
7	3,7	6,8	»	4,2	4	»
8	3	»	3,5	4,3	»	4,2
9	5,9	10,3	»	5	4,8	»
10	7,4	»	9,8	6,1	»	6,7
11	5,9	10,6	5,5	7,55	7,4	7,6
12	5,2	4,7	»	7,9	»	7,8
13	2,7	8,3	4	7,7	7	7
14	3,8	9,6	7,2	6,7	6,3	6,3
15	5,4	»	»	6,5	»	»
16	8,7	11,8	»	7,1	»	7,3
17	10,2	»	10,6	8,3	»	8,8
18	9	»	4,8	9,6	»	9,5
19	4,8	»	»	9,2	»	8,7
20	4,5	»	6	8,2	»	7,9
21	6	8,8	5	7,2	7	7
22	0,2	»	»	7,3	»	6,1
23	5,6	8,7	»	6,4	6,4	»
24	3,8	»	»	6,9	»	6,5
25	4,6	8,1	2,6	6,9	6,8	6,5
26	0,3	»	7,6	6,5	»	6,2
27	8,7	»	»	7,1	»	»
28	5,2	»	4,4	8	»	7,9
Moyennes.....	4,70	8	5,0	6,64	5,72	6,8

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord . 5°91
Moyenne des températures du marronnier. 6,39

MARS 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	3°6	»	8°	7°4	»	6°7
2	8	»	»	7	»	»
3	9,2	11°3	10,4	7,8	7,8	7,7
4	10,8	13	12,6	8,4	8,7	9,1
5	10,3	13,2	9,8	10	10,3	10,35
6	7,3	»	»	10,5	»	»
7	6,8	»	12,1	10,1	»	10,35
8	9,2	10,5	7,8	11,8	11,8	11,4
9	6,2	8,8	5	11,1	10.7	10,35
10	3,7	10,5	5,2	9,3	8,7	8,7
11	5,4	18	14,8	8,3	7,2	7,7
12	10,4	14,1	13	9,8	9,8	10,7
13	12,2	15,2	»	11,2	11,5	»
14	11,6	14,8	13,7	12,3	12,5	12,5
15	10,4	10,8	7,7	12,5	12,6	12,3
16	18,5	12,3	»	11,4	10,9	»
17	9,9	15,8	11,6	10,8	10,8	10,7
18	8,1	9,7	6,6	11,4	11,2	10,8
19	6,8	10	7,6	10,1	9,7	9,4
20	8	13,8	6,3	9,4	9,3	9,5
21	9	10,6	6,6	9,4	9,3	8,4
22	7,5	7,1	4,8	9,2	8,8	8,7
23	3,9	8	8	8	7,3	7,1
24	8	10,4	9,6	7,3	7,4	7,4
25	9,8	11,1	9,1	8,3	8,4	9
26	9,4	11,7	9,4	9,3	9,6	9,6
27	10,7	16,1	7,8	9,7	9,8	9,8
28	10,7	18	12,1	10,3	10,2	10,3
29	10,2	12	8,7	11,5	11,9	11,4
30	7	7,9	4,8	11,5	11,1	10,4
31	8	8	4,2	9,2	8,7	8,5
Moyennes.....	8,9	12,31	8,8	9,88	9,85	9,58

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord. 10°0
Moyenne des températures du marronnier. 9,73

AVRIL 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	6°2	»	3°	8°1	»	7°3
2	4,3	12°1	7,6	6,7	7°	6,9
3	9,8	9,2	»	7,7	8	»
4	15,8	22,7	12,8	9,7	10,2	10,9
5	12	23,6	16,8	12,5	13	12,8
6	16,8	23,8	15,9	16,8	23,8	15,9
7	18,6	25,4	21,6	16	16,4	16,6
8	15,2	16,3	15,2	17,6	17,2	17
9	16,4	18,8	13,8	17,2	16,5	16
10	11,9	11	»	15,7	15,1	»
11	12,1	13,4	12,4	13,3	12,3	12,2
12	10,9	»	9	12,4	»	11,8
13	8,2	11,7	»	11,4	10,8	»
14	10,2	»	10,3	9,9	»	9,8
15	7,9	»	5,2	10,5	»	9,7
16	9,8	»	4,5	9	»	8,7
17	8,2	9,1	»	8,9	8,4	»
18	10	11,6	6	8,3	8,1	8,1
19	9,2	9	6,3	8,4	8,5	8,6
20	7	9,2	10,6	8,6	6,7	9,2
21	8,6	11,6	8,2	8,8	9	9,2
22	9,8	15,4	8,6	9,4	9,5	9,3
23	10,6	13,6	11,7	9,8	9,8	9,6
24	12	»	»	10,6	»	»
25	15,6	20,2	12,1	11,9	12,3	13,3
26	14,6	21	»	13,4	13,7	»
27	12	»	20	13,3	»	13,5
28	17,8	21,6	14,1	14,6	14,9	14,3
29	14,8	18	15,5	14,4	14,5	13,3
30	17	19,13	13,4	13,9	14,3	14,6
Moyennes....	11,80	16,0	11,45	11,62	12,2	11,6

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord.. 13°08
Moyenne des températures du marronnier. 11,81

MAI 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	12°6	16°4	»	14°3	14°7	»
2	16	14	»	14,1	14,1	»
3	12,8	19,3	13°	13,1	12,5	13°
4	14	»	14,4	13,7	»	13,6
5	10,8	16,6	13,5	13,3	12,9	12,6
6	10,5	21	14,1	13,2	18,1	13,7
7	18,2	22,8	16,4	13,8	14,6	14,6
8	16,4	18,2	»	15	15,1	»
9	10,6	»	13,3	14,1	»	13,6
10	16,2	21,6	15,6	14	14	13,7
11	15,9	19,6	16,2	14,7	14,6	14,3
12	17,8	20	16,2	15,4	15	14,9
13	16,4	19,4	16	15,8	15,7	15,3
14	13,6	18	12,8	15,7	14,7	14,6
15	14,2	13,6	»	14,5	14,5	»
16	10,4	13,8	12,9	13,2	18,2	13
17	13,4	»	13,8	13,1	»	13,6
18	13,5	»	11,8	13,9	»	14
19	12,8	16,2	12,8	13,7	14,1	13,9
20	14	16,1	13	13,9	13,8	13,6
21	18,9	18,1	15	14	14,3	14,2
22	16,8	20	»	15	14,9	»
23	17,2	22,7	»	15	15,8	»
24	20,8	»	19,3	15,5	»	15,8
25	14,8	15,9	»	16,2	16,5	»
26	15,9	»	»	16	»	»
27	16,1	»	18	16,3	»	16,3
28	17,1	»	17	16,6	»	16,6
29	17,8	»	»	16,8	»	»
30	19,5	»	19	17,1	»	16,9
31	19,4	»	17	17,4	»	17,4
Moyennes.....	15,3	18,0	15,05	14,79	14,65	14,5

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord . 16°18
Moyenne des températures du marronnier. 14,65

JUIN 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	17°8	»	19°3	17°5	»	17°5
2	19,5	»	16,2	17,7	»	17,3
3	18,75	»	17,8	17,8	»	17,8
4	22	»	20,2	17,8	»	17,7
5	22,8	»	»	18,2	»	»
6	20,6	»	19,5	18,3	»	18,4
7	»	»	16,1	»	»	18,3
8	21,2	»	22	18,5	»	18,5
9	21,2	»	18,4	19,2	»	19,1
10	19,2	»	17,4	19,4	»	19
11	17,5	»	16	18,9	»	18,9
12	19	»	»	18,2	»	»
13	19,8	»	18,1	18,3	»	18,3
14	»	»	15	»	»	18,6
15	15,4	»	»	18,3	»	»
16	19	»	16,5	18,1	»	18
17	18,4	»	»	18,4	»	»
18	19,2	»	19	17,6	»	18
19	17,9	»	16	18,5	»	18,5
20	19,8	»	18	18,2	»	18
21	14,2	»	13,6	18	»	17,6
22	14,6	»	19,2	17,5	»	17,4
23	20,8	»	17,3	17,8	»	18,3
24	19,1	»	17,6	18,6	»	18,3
25	21,5	»	»	18,6	»	»
26	»	»	»	»	»	»
27	»	»	»	20,8	»	»
28	22,8	»	18,4	21,4	»	21,3
29	17	»	17,4	20,9	»	19,7
30	18	2°7	20,1	19,8	19,5	19,6
Moyennes.....	19,1	»	17,4	18,8	»	18,6

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord.. 18°25
Moyenne des températures du marronnier. 18,46

JUILLET 1859.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	21°3	25°3	22°	19°7	19°5	20°
2	26,8	32,4	25,6	21,2	21,8	21,4
3	28,1	34,8	»	23,3	»	21,2
4	24,9	29,3	22,7	21,8	21,9	21,6
5	23,7	29,2	23,1	22	21,8	21,5
6	25,3	»	24,7	22	»	23,3
7	27	29,9	24	22,3	22,3	22,7
8	27	31,3	23,4	23,2	23,5	23,1
9	25,6	28,6	24,1	23	23,5	24,1
10	25	28	»	23,5	21,8	»
13	30,6	36	28,2	22,8	25,8	26,4
14	16,9	31,4	25,4	25,4	24,8	24,2
15	25,4	29,5	24	24,2	24,6	25,2
16	26	31,2	24,6	23,9	24,4	25,4
17	28,9	33	25,5	24,2	25,2	26,2
18	28,6	37	27,8	25	26	26,8
19	27,5	32,6	24,6	24,3	24,9	25,3
20	28,6	33,8	25,3	24,8	25,4	26
21	28	29,6	25,2	25,5	25,8	26,2
22	26,1	20,1	19,8	24,9	24,8	24,4
23	23,7	25	16,9	23,1	23,2	23
24	20	21,8	17,5	21,2	20,8	21,8
25	20,6	23,6	19,2	19,2	19,3	21
26	22	26,4	20,6	19,4	20,3	21,6
27	24,3	28,1	23,6	21	22	23
28	23,4	27,4	21,6	22,2	22,8	23,5
29	23,6	29,1	24,2	23	24	24,2
30	22,4	25,2	21,2	23,5	23,8	23,4
31	27,3	28,8	21,8	22,8	23,6	24
Moyennes.....	25,0	28,0	23,3	22,8	23,2	23,8

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord. 25°43
Moyenne des températures du marronnier. 23,3

AOUT 1859.

DATES.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	24°	27°8	22°	22°6	22°9	23°8
2	20,6	26,4	20,5	22	23,1	22,5
3	21,8	»	»	21,2	»	»
23	21,8	28,8	21,4	21,2	22,2	22,8
24	23,2	30,7	21,6	21,9	24,5	24
25	28,2	34,2	24,8	22,6	24,9	25,2
26	20,4	29,3	20,9	24,4	24,1	24,2
27	19,2	21,4	20	22,6	22,2	22
28	21,3	22,9	18,4	21,2	21,2	21,5
29	21,8	26,3	19,2	20,2	20,8	21,9
30	19,8	19,5	13,8	20,2	20,2	20
31	17,4	17,8	14,2	17,8	18	18
Moyennes.....	21,62	26,0	19,71	21,50	22,13	22,35

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord. 22°44

Moyenne des températures du marronnier. 22,00

SEPTEMBRE 1859.

DATES.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	15°8	19°8	15°2	17°	17°	17°4
2	10,6	22,6	18,4	18,6	17,4	17,8
3	18,9	20,8	17,5	15,6	18,6	19
4	18	21,4	17,4	18,3	19,1	17
5	19,5	22,6	15,6	18	18,4	18,8
6	19,2	23,4	18	17,6	18	18,8
7	19,5	20,4	16	18	18,4	19
8	18	21,2	16	18,6	18	18,6
9	21,4	25,4	18,4	17,6	18,4	19,4
10	18	18,8	14,7	17,8	18,5	18,6
11	17,8	20,7	14,8	17,2	17,6	18
12	16,4	21,9	15,4	16,4	16,9	17,6
13	17,8	19,3	12,4	16,6	16,4	17,4
14	12,8	13,8	11,8	15,6	15	14,6
15	14	16,2	11,4	13,8	13,8	14,8
16	13,4	15,4	12,4	13,2	13,2	13,8
17	13,2	17	13,4	16,6	13,1	13,8
18	15,7	18	12,6	13,5	14	14,4
19	13,4	16	13,2	14	14	14,4
20	15	17,8	12,1	14,4	14,5	15,2
21	15,4	14,6	13,1	14	17,3	15,2
22	14,6	17,6	12,5	13,4	13,8	14,2
23	17,3	20,8	13,5	14,4	15,2	15,3
24	22,4	23	17,8	15,8	17	18
25	22,4	25,2	20,5	17,8	18,8	20
26	20,4	22,9	18	19,4	19,9	20
27	18,4	19,5	16,8	19,4	19,5	19,4
28	18,7	18,9	16,5	18,7	17,8	18,2
29	14,6	17,2	17,1	17,4	17	16
30	17,2	19,6	14	17,2	15,6	16
Moyennes.....	17	19,86	15,35	16,60	16,74	17

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord,. 17°4
Moyenne des températures du marronnier. 16,74

OCTOBRE 1859.

DATES.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	19°4	23°8	18°2	15°	15°7	17°
2	18	20,1	15	16,8	15	17,5
3	18,9	22	16,2	16,5	17	17,6
4	19,6	25,9	17,9	17	17,6	18,6
5	21,1	25,8	18,4	17,8	18,5	19,2
6	20,5	19,5	48	18,5	19,3	18,4
7	19	18,2	16	18,8	19	19
8	14,6	18	14,2	17,6	17,2	17,3
9	15,1	20,5	08,8	16,2	18,5	17
10	14,2	18	14,5	15,7	15,5	17
11	15,8	19	13,7	15,5	15,8	16
12	14	15	14,1	14,4	15,6	15,2
13	12	15,6	14,3	14,3	15,2	16
14	15,8	19,6	16	14	14	15,2
15	17,6	19,4	15,7	13,8	15,8	16
16	14,7	18	16,3	16	16,1	16,6
17	16,2	19,5	13,5	15,2	15,6	16
18	14,7	18	15,4	14,9	15,2	15,8
19	16,1	15,1	15,3	15,6	15,7	15,6
20	14,7	15,1	12,6	14,8	14,9	15
21	12	8,4	6	13,8	13,8	12,4
22	7	8,4	4	10	9,4	9,2
23	5,2	8,1	7,8	7,5	8,5	7,4
24	3	8,6	5,7	6,6	6,5	6,5
25	7	10,2	10	6,2	6,4	7,2
26	10,6	11,8	4,5	8,2	8,8	8,8
27	6,1	8,2	4,4	7,6	7,6	7,6
28	4	10,4	6,1	6,6	6,4	7,6
29	6,2	7,8	6,4	7,2	7	7,5
30	8,2	8,2	8	6,6	6,6	7
31	10,6	10,2	9,8	7,6	8	7,8
Moyennes....	13,25	15,74	12,50	13,08	13,30	13,61

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord . 13°83
Moyenne des températures du marronnier. 13,33

NOVEMBRE 1859.

DATES.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	14°6	16°	15°	10°2	14°	15°2
2	11,2	12,3	8	10,6	10,6	10,6
3	10,2	12,4	10,2	9,8	10	10,2
4	14,4	12,6	13	10	10,4	10,4
5	14,2	14	13	11	10,5	11,8
6	14,3	17,5	15	12	13	13,6
7	17	15,6	13,5	11,8	14	14
8	16,1	17,2	9,1	12	13,2	11,8
9	12,7	15,8	5,3	12,9	11,3	10,2
10	6,2	8,6	0,2	8,6	8,4	8,4
11	4,3	6,6	1,5	6,6	6,4	6,4
12	3,7	7,8	2,6	4,6	4,6	4,8
13	2,3	3,4	0,4	4,6	3,6	3,9
14	3,4	3,7	0,4	2,2	4,6	2,6
15	1,4	5,2	4,6	1,6	2	2,4
16	5	5	»	3	3,2	»
17	2,1	2,5	2,4	3,2	3,2	3,1
18	1,6	3,1	— 0,8	2,4	2,6	2,6
19	— 0,3	2,3	— 0,7	1,3	1,2	1,2
20	— 0,3	2,3	— 1,6	0,3	1,3	0,4
21	— 0,2	5	0,2	0,4	0,2	0,2
22	1	5	4,2	0	0,4	1,2
23	5	7,2	4	1,2	1,3	2,8
24	4,2	8,1	4,2	3,1	3,2	3,8
25	2	2,8	4 ,2	3	3,6	3
26	5	10,6	9,8	3,1	4,2	5,4
27	9,8	10,3	7,8	5,8	4,1	7,2
28	6,1	10,2	7,3	6,6	5,8	7,2
29	6,8	8,7	11,5	6,4	6,8	7,4
30	11,2	3,2	4	5,8	8,6	7,8
Moyennes.....	6,86	8,33	5,50	5,79	6,21	6,54

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord. . 6°89

Moyenne des températures du marronnier. 6,18

DÉCEMBRE 1859.

DATES.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	2°7	5°7	4°4	5°8	5°7	5°6
2	0,4	1,6	— 0,2	4,3	3,8	3,3
3	— 0,2	— 0,3	— 1,2	1,6	1,4	1
4	— 3,8	0,2	— 0,6	0,4	0,2	0,2
5	3,8	7,7	7,1	0,2	1,4	1,5
6	5,4	5,8	3,8	3,1	3	3,4
7	6,2	8	4	3,8	3,8	4,0
8	3	7,5	2,2	4	4	4,4
9	0,3	4,6	2,1	3,2	3	3,1
10	— 0,2	1,8	0,6	2,2	2,2	1,8
11	— 1,2	2	— 0,2	1	0,6	0,8
12	— 2	1,2	2,3	— 0,4	0,4	0,2
13	1,8	3	1,6	0,4	0,4	1
14	1,1	1	— 0,4	0,7	0,7	0,8
15	— 2,2	— 3	— 3,6	0,2	0,2	— 0,1
16	— 7,2	— 4	— 6,4	0	— 0,1	— 0,1
17	— 8	— 7,8	— 7,8	— 0,2	— 0,4	— 0,4
18	—10	— 7,6	—10,8	— 0,7	— 0,8	— 1
19	—12	— 8	—10,2	— 1,8	— 2	— 2,2
20	—14	— 7,1	— 7,6	— 3,6	— 3,8	— 3,8
21	1	5,8	6,1	— 3	— 1,8	— 1,6
22	6,3	6,5	6,3	— 0,8	— 0,6	— 0,5
23	6,4	7,4	7	— 0,4	— 0,4	— 0,3
24	8	7,8	7	— 0,2	0,3	0,6
25	7,1	8,4	7,9	1,1	1,4	1,6
26	8,7	8,2	7,6	2,4	2,8	2,1
27	3,3	7	7	2,4	2,3	2,8
28	6,1	7	6,7	3,2	3,4	4
29	8,8	10	9,7	4,6	5,6	6,4
30	10,4	11,3	11	7,6	8,2	8,6
31	12	13,7	13,6	9,5	10	10,7
Moyennes.....	1,35	3,39	2,13	1,61	1,80	1,87

Moyenne des températures à la surface de l'arbre au nord. 2°29
Moyenne des températures du marronnier......... 1,76

RÉCAPITULATION.

MOIS.	MOYENNE des températures de l'air à la surface de l'arbre, au Nord.			MOYENNE des températures du marronnier.			MOYENNE mensuelle de l'air à la surface de l'arbre au Nord.	MOYENNE mensuelle de l'arbre.
	9h M.	3h S.	9h S.	9h M.	3h S.	9h S.		
Décembre 1858.	4°35	5°77	4°65	4°73	4°74	4°65	4°92	4°70
Janvier 1859.	3,23	5,69	3,96	3,78	3,81	3,70	4,22	3,81
Février —	4,78	8,00	5,00	6,64	5,72	6,80	5,91	6,39
Mars —	8,90	12,31	8,80	9,[illegible]8	9,85	9,53	10,00	9,73
Avril —	11,80	16,00	11,46	14,62	12,20	11,60	13,08	11,81
Mai —	15,30	18,00	15,05	14,79	14,65	14,50	16,18	14,65
Juin —	19,10	»	17,40	18,80	»	18,40	18,25	18,60
Juillet —	25,00	28,00	23,30	22,80	23,20	23,80	25,43	23,30
Août —	21,62	22,10	19,71	21,60	22,10	22,35	21,14	22,00
Septembre —	17,00	19,86	15,35	16,50	16,74	17,40	17,40	16,74
Octobre —	13,25	15,74	12,50	13,08	13,30	13,61	13,83	13,33
Novembre —	6,86	6,33	6,50	5,79	6,21	6,54	6,89	6,18
Décembre —	1,35	3,39	2,13	1,61	1,61	1,87	2,29	1,76
Moyennes.....	11,70	13,61	11,14	11,65	11,65	11,66	12,29	11,75

TEMPÉRATURE AU NORD, A L'OMBRE.

DATE.	TEMPÉRATURE MOYENNE.
Décembre 1858	4°01
Janvier 1859	2,84
Février —	5,00
Mars —	8,70
Avril —	10,17
Mai —	14,14
Juin —	18,17
Juillet —	23,26
Août —	20,70
Septembre —	15,45
Octobre —	13,10
Novembre —	5,60
Décembre —	1,17
Moyennes.........	10,92

RÉCAPITULATION. (*Suite.*)

RÉSULTATS FOURNIS PAR L'HIVER MÉTÉOROLOGIQUE.

SAISON.	MOYENNE des températures de l'air à la surface de l'arbre, au Nord.			MOYENNE de l'air.	MOYENNE des températures du marronnier.			MOYENNE de l'arbre.
	9h M.	3h S.	9h S.		9h M.	3h S.	9h S.	
Hiver	4°12	6°48	4°54	5°05	5°05	4°76	5°05	4°93
Printemps	12,00	15,43	11,77	13,07	12,09	12,23	11,77	12,03
Été	21,91	25,00	20,14	22,35	21,03	22,65	21,52	21,73
Automne	12,37	14,61	11,12	12,70	12,38	12,38	12,08	12,28

DIFFÉRENCES ENTRE LES TEMPÉRATURES DE L'AIR ET DE L'ARBRE POUR CHAQUE MOIS.

MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne de l'air à la surface de l'arbre.	TEMPÉRATURE moyenne de l'arbre.	DIFFÉRENCES.
Décembre 1858.	4°92	4°70	+ 0°22
Janvier 1859.	4,22	3,81	+ 0,41
Février —	5,91	6,30	— 0,48
Mars —	10,00	9,73	+ 0,27
Avril —	13,08	11,81	+ 1,27
Mai —	16,18	14,65	+ 1,43
Juin —	18,25	18,60	— 0,36
Juillet —	25,43	23,30	+ 2,13
Août —	21,14	22,00	— 0,86
Septembre —	17,40	16,74	+ 0,60
Octobre —	13,83	13,33	»
Novembre —	6,19	6,18	+ 0,01
Décembre —	2,29	1,76	+ 0,53

Le résumé des observations consignées dans les tableaux précédents met en évidence les faits suivants :

1° La moyenne des températures observées dans l'arbre pendant la période de treize mois a été supérieure de 0°,36 à celle des températures de l'air à sa surface, et de 0°,83 à celle des températures de l'air au nord, à l'ombre; mais si l'identité n'est pas parfaite entre la température de l'air au nord et celle de l'arbre, il faut avoir égard aux conditions dans lesquelles les observations ont été faites : le thermomètre était placé au nord et abrité du soleil, tandis que l'arbre se trouvait garanti des vents froids par un bâtiment voisin et était exposé à la radiation solaire; néanmoins le principe de l'équilibre de température, dans un certain laps de temps, entre l'air et les végétaux, est bien établi en général, toutes choses égales d'ailleurs, bien entendu;

2° Si l'on prend les différences par saison, on trouve, en faveur de la température de l'air à la surface de l'arbre :

En hiver	+	0°10
Au printemps	+	1,04
En été	—	0,62
En automne	—	0,15
En moyenne pour l'année	+	0,42

On voit que c'est en hiver et en automne que la différence est la moindre, tandis qu'au printemps et en été elle est la plus forte.

3° Le maximum de température dans l'air a eu lieu vers 3 heures, et dans l'arbre après le coucher du soleil, comme

cela a déjà été démontré. Si l'on a égard aux saisons, on voit que c'est surtout en été que le maximum est le plus marqué, et il a lieu vers 9 heures du soir.

§ II. — *Des variations de température dans l'air et dans les végétaux.*

Les résultats consignés dans les chapitres précédents conduisent à cette conséquence : que les températures moyennes annuelles de l'air et des végétaux sont égales et fréquemment aussi les températures moyennes, mensuelles et diurnes, si ce n'est dans les cas où les végétaux sont abrités. Depuis la publication des résultats qui précèdent, j'ai continué mes observations et repris leur discussion, et j'ai été conduit à cette conséquence que la chaleur dégagée dans les organes et les tissus des végétaux n'intervient que faiblement sur la température propre des végétaux et qu'il faut en chercher la cause principale dans l'état calorifique de l'air. Il existe en outre, comme on l'a déjà vu, des variations diurnes de température dans les végétaux, lesquelles ne peuvent manquer d'intéresser la physiologie végétale.

Ces variations ont lieu dans des limites plus ou moins étendues, suivant le diamètre des tiges, la nature des tissus et celle des enveloppes corticales ou herbacées des végétaux.

Wells, au commencement de ce siècle, avait remarqué que, dans une prairie, lorsque le ciel était sans nuages et le temps calme, des thermomètres placés sur l'herbe indiquaient des températures de plusieurs degrés au-dessous de celle de l'air à une certaine hauteur; l'abaissement de température allait même quelquefois jusqu'à 7 à 8°.

M. Melloni reconnut que pour expliquer les effets produits, il fallait avoir égard au grand pouvoir émissif du verre, en vertu duquel ce dernier se refroidissait plus par rayonnement que la couche d'air ambiante, et que l'on évitait cette cause de refroidissement en recouvrant le réservoir du thermomètre d'une enveloppe d'argent ou de laiton poli, qui possède un pouvoir rayonnant considérable. Un thermomètre ainsi revêtu perd presque en totalité son pouvoir émissif, et donne, avec assez d'exactitude, la température de l'air. Les observations qu'il a recueillies en expérimentant ainsi, lui ont permis d'expliquer l'abaissement de température dans les végétaux, dû au rayonnement nocturne sous un ciel serein.

La variation diurne de température dans l'air est la différence entre la température maximum et la température minimum de la journée; dans l'arbre, il est bien difficile de déterminer avec exactitude le maximum et le minimum; néanmoins, comme on va le voir, on peut en avoir des valeurs approchées. Les observations de Genève, de 1796 à 1800, ont été faites au lever et au coucher du soleil et à 2 heures après midi, dans l'air au nord et dans un marronnier, de $0^m,6$ de diamètre; on n'a point observé les maxima et les minima dans l'air, par la raison toute simple que les instruments qui les donnent n'existaient pas alors; mais on peut y suppléer sans commettre de grandes erreurs, surtout dans les mois d'hiver, en prenant pour température maximum la température à 2 heures, et pour température minimum celle au lever du soleil, car on sait que la température maximum a lieu entre 2 et 3 heures de l'après-midi, suivant la saison, et la température minimum peu après le lever du soleil.

Les observations de Genève relatives aux maxima et aux minima, dans l'arbre, et les miennes, faites avec les garanties qu'exigent aujourd'hui les observations thermométriques, conduisent aux conséquences suivantes :

Les températures observées dans les arbres, au lever et au coucher du soleil, représentent en moyennes, à 1 ou 3 dixièmes près, la température à 2 heures de l'après-midi ; les différences étant tantôt en plus, tantôt en moins, disparaissent dans les moyennes. En 1796, la moyenne annuelle des températures, au lever et au coucher du soleil, a été de 7°,55, tandis qu'à 2 heures la moyenne a été de 7°,52. Les différences, ne portant que sur les centièmes de degré, peuvent être considérées comme nulles. Ce résultat ne tient pas à ce que les variations de température ont souvent peu d'étendue dans les arbres d'un certain diamètre, car il arrive quelquefois que de 9 heures du matin à 3 heures du soir, à $0^{m},20$ au-dessous de l'écorce, l'élévation de température est de 1 à 2°. A 2 heures, avons-nous dit, la température dans l'arbre est à peu près la moyenne des températures au lever et au coucher du soleil ; je dis à peu près, attendu que le diamètre du végétal et des causes locales exercent une influence sur le phénomène. D'un autre côté, le maximum ayant lieu vers ou après le coucher du soleil, le minimum se présente vers le lever. Les observations que j'ai faites pendant l'été de 1858 démontrent effectivement qu'en été la température maximum a lieu après 9 heures du soir. En admettant donc ces bases, qui, du reste, sont rationnelles, on a les résultats suivants pour les variations moyennes mensuelles et annuelles des températures dans l'air et dans l'arbre :

MOIS.	1796 VARIATIONS		1797 VARIATIONS		1798 VARIATIONS	
	dans l'air.	dans l'arbre.	dans l'air.	dans l'arbre.	dans l'air.	dans l'arbre.
Janvier	3°69	0°95	2°80	0°48	2°	0°15
Février	2,65	0,85	6,83	0,87	5, 5	0,61
Mars............	6,18	1,35	6,76	1,34	6,85	1,23
Avril	8,40	2,10	6,78	1,55	7,78	1,68
Mai.............	6,60	0,86	6,15	1,23	7,02	1,07
Juin............	6,41	0,61	5,04	0,66	6,21	0,56
Juillet	6,47	0,75	7,97	0,77	6,79	0,64
Août	6,27	0,61	1,98	1,11	7,11	0,86
Septembre	7,30	1,18	5,60	1,20	6,14	1,10
Octobre.........	3,04	0,51	2,43	0,87	5,12	1,01
Novembre.......	2,81	0,54	3,03	0,53	2,11	0,54
Décembre.......	2,41	0,20	2,49	0,48	1,93	»
Moyenn. annuelles.	5,10	0,87	5,07	0,92	5,38	0,85

MOYENNES DES TROIS ANNÉES

Dans l'air. . . . . 5°18

Dans l'arbre. 0,88

Les résultats consignés dans ce tableau mettent ce fait remarquable en évidence, que, pendant les années 1796, 1797 et 1798, les variations de température de l'air, au nord, d'une part, et celles de l'intérieur de l'arbre de l'autre, présentent dans chacune des deux séries d'observations des différences s'élevant à 4,30; d'où l'on conclut qu'en moyenne, les variations dans l'air ont été 5,89 fois plus grandes que dans l'arbre.

VARIATIONS DE TEMPÉRATURE

dans l'air et dans le marronnier du Jardin des Plantes du mois de décembre 1838 au mois de juillet 1859.

MOIS.	VARIATIONS MOYENNES	
	dans l'air.	dans l'arbre.
1858 Décembre.	2°07	0°31
1859 Janvier.	3,45	0,66
Février.	4,12	0,40
Mars.	•	1,09
Avril.	4, 8	1,16
Mai.	3, 8	0,89
Juin.	»	0,70
Juillet (10 premiers jours).	4,50	1,20
Moyennes.	3,80	0,81

Pendant les huit mois ci-dessus mentionnés les moyennes des variations de température dans l'air et dans l'arbre ont été dans le rapport de 3,80 à 0,81, c'est-à-dire qu'elles ont été 4,7 plus grandes dans l'air que dans l'arbre; au lieu de 5,89, comme dans les années 1796, 1797 et 1798; il n'en reste pas moins démontré que les variations de température dans l'arbre sont de 5 à 6 fois moindres dans des marronniers de 5 à 6 décimètres de diamètre que dans l'air.

Les observations de Genève, premier tableau, mettent en évidance ce fait, que les plus grandes variations de température dans l'arbre pendant les années 1796, 1797 et 1798, du lever au coucher du soleil, ont eu lieu dans les mois de mars, avril, mai, composant le printemps météorologique, et dans le mois de septembre, c'est-à-dire vers les équinoxes.

La différence entre la température des végétaux et celle de la couche d'air ambiante, quelle que soit la température de l'air, sous l'influence du rayonnement nocturne, ne va pas au delà de 2 à 3°, suivant M. Melloni. Ainsi, quand les plantes herbacées se refroidissent par l'effet du rayonnement nocturne, la couche d'air ambiante se refroidit par contact, mais jamais la différence entre les deux températures ne dépasse ce nombre de degrés. C'est par des abaissements successifs que des végétaux atteignent une température de 7 à 8° au-dessous de celle de l'air à une certaine hauteur.

Au lieu de végétaux qui couvrent le sol des prairies, si l'on considère les feuilles ou les jeunes rameaux verts des arbres, leur température, d'après les mêmes conditions atmosphériques, se trouve également, tant que dure le rayonnement, dans un état d'équilibre instable que des aiguilles thermo-électriques très-déliées, en rapport avec le thermomètre électrique, permettent d'apprécier ; ces mêmes aiguilles, en raison de leur grand pouvoir rayonnant, se comportent, sous ce rapport, comme les enveloppes métalliques dont on recouvre la boule des réservoirs. Il n'en est plus de même quand on expérimente sur des rameaux d'un diamètre suffisant pour que le mouvement de la chaleur dans l'intérieur des tissus éprouve une certaine difficulté à s'effectuer : c'est donc dans ces rameaux, dans les tiges et dans les troncs, que l'on doit étudier la température des végétaux, puisque c'est dans ces parties que l'on peut saisir une température fixe. Au surplus, il faut se représenter une tige verte comme un corps recouvert d'une enveloppe possédant un grand pouvoir émissif et absorbant, en vertu duquel sa température s'abaisse ou s'élève sans cesse, par l'effet du rayonnement céleste ou du

rayonnement solaire; mais quand le tissu parenchymateux est remplacé par un tissu cortical, le ligneux qui est au-dessous étant mauvais conducteur, surtout dans le sens perpendiculaire à la direction des fibres, le mouvement de la chaleur s'opère alors très-lentement, et l'on n'observe plus dans l'intérieur des changements de température brusques.

On peut tirer des faits précédemment exposés les conséquences suivantes :

Les variations étant beaucoup moindres dans la tige d'un arbre d'un certain volume que dans l'air, il s'ensuit que lorsque la température de l'air varie dans des limites étendues et que les variations sont de courte durée, l'état calorifique de l'arbre en est peu affecté; dans le cas contraire, l'arbre finit par se mettre en équilibre de température avec l'air.

On sait que chaque espèce végétale a besoin d'un certain degré de chaleur pour que les tissus puissent se développer et fonctionner. Quand la température s'élève graduellement, les parties se dilatent, l'évaporation et la succion s'accélèrent. L'abaissement de température produit des effets contraires. On sait également que les alternatives de chaud et de froid donnent une nouvelle activité à la végétation. Or, les grandes variations de température qui ont lieu sous les tropiques, pendant le jour et la nuit, sans que la température moyenne soit sensiblement affectée, doivent être favorables à la végétation, puisque les végétaux participent à ces varitations.

L'atmosphère est donc la source où tous les végétaux puisent la chaleur dont ils ont besoin pour naître, se développer et accomplir toutes les phases de leur existence. La température moyenne d'un lieu ainsi que les variations et les extrêmes de température de l'air, sont donc les éléments calo-

rifiques à prendre en considération dans les phénomènes de la vie végétale relativement à la chaleur dont celle-ci a besoin. La chaleur résultant des élaborations diverses qui ont lieu dans les tissus n'intervient pas sensiblement sur la température des végétaux, qui est toute d'emprunt et qui provient soit de l'air soit de la terre.

TRACÉ GRAPHIQUE

des principales observations rapportées dans ce chapitre.

PLANCHE II.

Fig. 1. Températures moyennes du marronnier mesurées avec le thermomètre électrique et le thermomètre ordinaire, et de l'air au nord, pendant les mois de février, mars, avril et mai 1859.

PLANCHE III.

Fig. 3. Températures du marronnier et de l'air au nord, en décembre 1859 (Jardin des Plantes).

Fig. 4. Variations des températures dans l'air et dans le marronnier observées avec le thermomètre ordinaire et le thermomètre électrique, en janvier 1859 (Jardin des Plantes).

PLANCHE IV.

Fig. 1. Variations des températures au nord et dans l'arbre, ces dernières mesurées avec le thermomètre électrique, en avril, mai et juin 1859 (Jardin des Plantes).

Fig. 2. Températures du 12 au 31 décembre 1858 dans l'air et dans le marronnier.

Fig. 3. Cette figure comprend les trois tracés suivants :

1° Tracé des températures de la tige du thermomètre dont la boule se trouve dans le marronnier ;

2° Tracé des températures du marronnier observées au thermomètre ordinaire ;

3° Tracé des températures de l'air au nord.

Fig. 4. Températures moyennes de 1796 à 1800, de janvier à décembre.

Fig. 5. Variations des températures moyennes au nord et dans le marronnier, en mars 1859.

CHAPITRE V.

RÉSISTANCE AU REFROIDISSEMENT DANS LES ARBRES. TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL DANS LES HAUTES LATITUDES.

§ Ier. — *De la résistance au refroidissement.*

Les observations de température faites chaque jour, en décembre 1859, à neuf heures du matin, trois heures et neuf heures du soir, dans l'intérieur d'un marronnier d'Inde de $0^{m},54$ de diamètre et à une profondeur de $0^{m},15$ ont mis en évidence un fait important : d'observations faites antérieurement, mais non à des températures aussi basses que celles qui ont eu lieu dans ce mois, on avait conclu que les températures moyennes annuelles de l'air et de l'arbre étaient égales, et souvent aussi les températures moyennes mensuelles, surtout quand les variations de température de l'air n'avaient pas été trop considérables dans le cours du mois. On conçoit, en effet, que s'il faut un certain temps pour que les variations de température se transmettent de l'air dans l'arbre, à une certaine profondeur ; et si les variations sont considérables et de courte durée dans le cours de la journée, leur moyenne seule affectera la température de l'arbre. C'est à cette cause qu'il faut attribuer probablement la différence que l'on a trouvée entre la température de l'air en décembre et celle de

l'arbre, différence s'élevant à 0°,46, la température moyenne de l'air ayant été de 2°,26, celle du marronnier 1°,80.

En construisant graphiquement les observations de températures faites simultanément dans l'air sur la face du marronnier, et à 0m,15 de profondeur, prenant pour abscisses les jours et les heures, pour ordonnées les températures, et pour axe des abscisses la ligne correspondant à la température zéro, comparant ensemble les lignes qui sont le lieu des températures, on arrive aux conséquences suivantes, dont on peut se rendre compte en jetant les yeux sur les tracés (pl. III, fig. 3) :

1° Les températures de l'arbre suivent une marche assez uniforme ; la ligne qui les représente est ascendante ou descendante, suivant que la ligne relative à l'air monte ou descend, et si l'on n'y remarque pas les changements de direction brusques et saccadés qui caractérisent celle-ci, cela tient à ce que la température de l'arbre ne participe que faiblement aux variations diurnes.

L'abaissement de température dans l'arbre au-dessous de zéro s'effectue lentement, ainsi que l'échauffement qui le suit : en effet, en jetant les yeux sur les lignes de températures, on voit ces lignes s'éloigner quand la température arrive à zéro dans l'arbre, et s'en rapprocher ensuite. Mais cela ne suffisait pas ; il fallait encore évaluer cet abaissement et cette élévation de température qui paraissent être anormaux. Le moyen le plus direct serait de déterminer la vitesse de propagation de la chaleur dans l'arbre, de la périphérie au centre, pendant l'échauffement, et de l'intérieur à la périphérie pendant le refroidissement. Cette détermination serait facile si la température extérieure était constante, mais

comme elle est variable depuis le lever du soleil jusqu'à son coucher, le problème à résoudre est donc des plus complexes.

Ne pouvant avoir la vitesse de propagation, on y supplée en partageant les observations faites dans le mois en périodes d'échauffement et périodes de refroidissement, déterminant la température moyenne de l'air et de l'arbre pendant chacune de ces périodes, prenant les différences entre les valeurs qui représentent les moyennes des accroissements ou des diminutions de température, puis leurs rapports; ces derniers sont les rapports approchés des vitesses.

1re période. Du 1er au 4; quatre jours.

Température moyenne de l'air	+ 0,75
Id. de l'arbre	+ 2,80

2e période. Du 5 au 8; quatre jours.

Température moyenne de l'air	+ 5,4
Id. de l'arbre	+ 3,1
Accroissement de température de l'air	+ 4,65
Id. par jour	+ 1,16
Id. de l'arbre	+ 0,3
Id. par jour	+ 0,075

Rapport de l'accroissement dans l'air à celui dans l'arbre. . 0,064

3e période. Du 9 au 14; six jours.

Température moyenne de l'air	+ 1,03
Id. de l'arbre	+ 1,25
Diminution de température de l'air	+ 4,37
Id. par jour	+ 0,73
Id. de l'arbre	+ 1,85
Id. par jour	+ 0,31

Rapport de la diminution dans l'air à celle dans l'arbre... 0,42

4e période. Du 15 au 20 ; six jours.

Température moyenne de l'air		— 7,48
Id. de l'arbre		— 0,83
Diminution de la température moyenne de l'air		+ 8,51
Id. par jour		1,40
Id. de l'arbre		+ 2,08
Id. par jour		0,34
Rapport de la diminution dans l'air à celle dans l'arbre	0,24	

5e période. Du 21 au 24 ; quatre jours.

Température moyenne de l'air		+ 5,82
Id. de l'arbre		— 0,72
Accroissement de la température de l'air		13,30
Id. par jour		3,30
Id. de l'arbre		0,11
Id. par jour		0,03
Rapport	0,009	

6e période. Du 25 au 31 ; sept jours.

Température moyenne de l'air		+ 8,84
Id. de l'arbre		+ 4,77
Accroissement de température de l'air		3,02
Id. par jour		0,43
Id. de l'arbre		5,49
Id. par jour		0,78
Rapport	1,81	

Les rapports des accroissements et des diminutions de température dans ces six périodes mettent bien en évidence la lenteur avec laquelle la température de l'arbre s'abaisse au-dessous de zéro et s'élève au-dessus jusqu'à un certain degré; en effet, les rapports entre les nombres moyens qui représentent les degrés dont les températures de l'air et de l'arbre ont été augmentées ou diminuées pendant chaque

jour de chacune des six périodes, sont 0,064, 0,42, 0,24, 0,009, 1,81. Ainsi, pendant la période de grand froid, du 15 au 20 décembre, la diminution de la température a été quatre fois moindre dans l'arbre que dans l'air; dans la période d'échauffement qui a suivi, l'accroissement dans l'arbre a été cent et une fois moindre.

On peut envisager encore la question d'une autre manière. Prenant pour point de départ le 14 décembre, jour où la température de l'air et celle de l'arbre étaient sensiblement égales :

Le 15, la gelée a commencé et a continué jusqu'au 20, où la température a été la plus basse dans l'air. Le thermomètre appliqué sur la face nord de l'arbre marquait — 14°, la température moyenne a été pendant six jours de — 6°,85, tandis que dans l'arbre elle n'est descendue en moyenne qu'à — 1°,9. Pendant cette période, la température moyenne de l'arbre à 0^m,15 de profondeur n'a été que le sixième environ de celle de l'air, et sa température minimum n'a pas été au-dessous de — 3,8, quoique dans l'air elle ait été de — 14°.

La lenteur avec laquelle la température s'abaisse dans l'arbre au-dessous de zéro et s'élève ensuite jusqu'à un certain dégré, est telle que le 21 du même mois, lorsque la température extérieure était de + 4°,3, celle de l'arbre se maintenait encore au-dessous de zéro ; il en a été de même jusqu'au 24. Pendant cette période, la température moyenne de l'arbre a été de — 1°,04 et celle de l'air + 5°,86.

Si la séve n'eût pas été dans les tissus et dans les vaisseaux capillaires, elle aurait été congelée.

Le 27 décembre, la température de l'air et celle de l'arbre, à neuf heures du matin, ne différaient que de 0°,9, l'une

étant de + 3°,3, l'autre + 2°,4. Du 27 au 31, la température moyenne de l'air était de +9°,1, et celle de l'arbre de + 5°,9. Cette dernière a suivi une marche ascendante beaucoup plus régulière que l'autre, ce qui était naturel; car, dans la première période, celle de froid, dont la durée a été de six jours, la différence entre les deux températures moyennes a été — 5°,6, tandis que dans la deuxième période, celle où la température a monté et qui n'a duré que quatre jours, la différence ne s'est élevée qu'à + 3°,2.

Pour mettre mieux en évidence la propriété que je viens de signaler, j'ai discuté les observations faites à Genève en 1797, pendant le mois de janvier, par MM. Pictet et Maurice, sur un marronnier à peu près de la même grosseur que celui qui a servi à mes expériences. La température moyenne pendant ce mois a été sensiblement la même dans l'air et dans l'arbre, la différence n'étant que de 0°,1. La gelée ayant eu lieu à deux reprises, on a formé six périodes distinctes, deux périodes où la température est au-dessous de zéro, et quatre où elle est au-dessus.

1re période décroissant au-dessus de zéro, du 1er au 6 janvier 1797:

Température moyenne de l'air	+ 3,29
Id. de l'arbre	+ 3,29

2e période au-dessous de zéro, du 7 au 12 :

Température moyenne de l'air	— 2,06
Id. de l'arbre	— 0,4

3e période au-dessous de zéro, du 13 au 17:

Température moyenne de l'air	+ 3,02
Id. de l'arbre	+ 0,3

4e période au-dessous de zéro, du 18 au 21 :

Température moyenne de l'air		— 0,96
Id.	de l'arbre	— 0,14

5e période au-dessus de zéro, du 22 au 27 :

Température moyenne de l'air		+ 1,20
Id.	de l'arbre	+ 0,29

6e période au-dessus de zéro, du 29 au 31 :

Température moyenne de l'air		+ 0,24
Id.	de l'arbre	+ 0,54

En partant de la première période, où la température moyenne est la même dans l'air et dans l'arbre, on trouve que pendant la deuxième période, elle s'est abaissée en moyenne :

Dans l'air, de		5,35
Dans l'arbre, de		3,69
Rapport	0,69	

Dans la 3e période, élévation de température

De l'air		5,08
De l'arbre		0,70
Rapport	0,14	

Dans la 4e période, refroidissement

De l'air		3,98
De l'arbre		0,44
Rapport	0,11	

Dans la 5e période, élévation de température

De l'air		2,16
De l'arbre		0,43
Rapport	0,20	

Dans la 6e période,

Refroidissement de l'air	0,96
Échauffement de l'arbre	0,25
Rapport	0,21

Les rapports trouvés sont 0,69 ; 0,14 ; 0,11 ; 0,2 ; 0,21.

Ainsi, dans la première période de froid, le rapport a été de 0,69. Dans la deuxième période de froid, 0,11. Tandis que dans les périodes d'échauffement qui ont suivi, les rapports ont été 0,14 et 0,21.

On voit par là la grande différence entre les variations de température dans l'air et dans l'arbre.

En résumé :

Le 1er janvier, la température moyenne de l'air étant de 5°,25 et celle de l'arbre 4°,12, les deux températures ont été en diminuant jusqu'au 6, jour où la température moyenne était la même de part et d'autre. Le 7, la gelée commença et continua jusqu'au 12.

Pendant cette période, la température moyenne de l'air a été de 2°,00, celle de l'arbre de 0°,37, c'est-à-dire environ cinq fois moindre. Ce rapport, qui est le même que celui précédemment indiqué, démontre la lenteur avec laquelle la température s'abaisse au-dessous de zéro dans l'arbre. Dans la période d'échauffement suivante, la température de l'arbre étant encore au-dessous de zéro, les deux premiers jours son accroissement a été si lent que la température moyenne a été dans l'air de 2°,02 et dans l'arbre de 0°,3. Dans la période d'après, au-dessous de zéro, on voit encore avec quelle lenteur la température s'abaisse dans l'arbre. La température de l'arbre est cinq fois plus basse que celle de l'air.

Dans les cinquième et sixième périodes, la gelée ayant cessé, l'accroissement de température dans l'arbre est devenu plus rapide. En premier lieu, le rapport entre la température de l'air et celle de l'arbre est comme 4,17 : 1 ; en second lieu, comme 2,26 : 1.

On conclut de tous ces faits que les troncs d'arbres d'un certain diamètre tendent sensiblement à se mettre en équilibre de température avec l'air; qu'ils résistent, entre certaines limites, plus longtemps qu'on ne pouvait le supposer, en raison de leur mauvaise conductibilité, au refroidissement et à l'échauffement, quand leur température est voisine ou au-dessous de zéro, ce qui conduit à penser qu'il existe dans l'organisation des végétaux une cause indépendante de la conductibilité qui lutte contre leur refroidissement au-dessous de zéro, et les préserve pendant un certain temps des effets désastreux du froid; l'action varie avec le diamètre de l'arbre, et probablement avec l'espèce à laquelle il appartient. Je rappellerai à ce sujet, comme se rattachant à la question, les expériences pleines d'intérêt que MM. Chevreul, Desfontaines et Mirbel ont faites au Jardin des plantes en avril 1811, sur l'ascension de la séve dans un cep de vigne, en employant la méthode indiquée par Hall, expériences desquelles ils conclurent qu'une fois que les causes extérieures ont déterminé le mouvement de la séve dans les arbres, les sucs, malgré un abaissement dans la température atmosphérique, continuent à se mouvoir pendant un certain temps après lequel, si les circonstances extérieures continuent à ne pas être favorables à la végétation, leur mouvement se ralentit jusqu'à une époque où les causes extérieures redevenant favorables, les sucs se mettent en

mouvement (*Journal des Savants*, 1822, p. 302). Ces effets montrent que les changements de température dans l'air, surtout lorsque la température est au-dessous d'une certaine limite, ne se manifestent qu'avec lenteur dans le cep de vigne, puisque la séve continue encore à couler lorsque la température s'abaisse dans l'air. Ces phénomènes physiologiques viennent à l'appui des observations rapportées dans mon Mémoire.

CHAPITRE VI.

OBSERVATIONS SUR LA TEMPÉRATURE DU SOL A DIFFÉRENTES PROFONDEURS SOUS DIVERSES LATITUDES.

---

§ I[er]. — *Observations faites en Europe.*

Depuis plus d'un siècle, on observe en Europe, sur différents points, la température à diverses profondeurs au-dessous du sol, pour connaître le mouvement de la chaleur dans les parties qui sont le plus influencées par l'action solaire, et où se trouvent les racines des végétaux qui leur enlèvent des liquides ayant leur température, lesquels doivent constituer plus tard la séve.

Voici les principales observations recueillies jusqu'ici, et qui n'ont pas reçu, comme celles de Bruxelles, les corrections relatives à la différence entre la température du réservoir et celle de la tige du thermomètre.

Résultats moyens des observations faites à Zurich par Ott, et continuées pendant quatre ans et demi, à partir de 1762.

La température moyenne de Zurich est de 8°,8.

MOIS.	TEMPÉRATURES MOYENNES AUX DIFFÉRENTES PROFONDEURS.						
	$0^{m},076$	$0^{m},152$	$0^{m},304$	$0^{m},609$	$0^{m},914$	$1^{m},219$	$1^{m},829$
Janvier.	0°3	0°5	1°6	2°5	3°0	4°8	7°0
Février.	0,6	0,2	1,5	2,3	2,8	4,4	5,5
Mars..	7,7	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	,5
Avril..	11,7	8,8	8,8	8,1	8,1	7,2	7,2
Mai.	14,8	13,2	13,2	11,7	11,6	11,4	10,0
Juin..	19,4	16,1	16,1	15,0	13,8	13,2	11,70
Juillet.	19,5	17,7	16,6	16,1	16,1	15,1	13,80
Août..	17,8	17,2	16,6	16,1	16,3	16,1	15,20
Septembre. . . .	15,0	14,4	15,0	15,1	15,3	15,2	15,20
Octobre.	10,6	10,4	10,6	10,5	11,7	12,0	13,40
Novembre... . .	5,0	5,6	6,1	8,0	8,8	9,4	11,60
Décembre. . . .	2,2	2,0	2,7	4,0	5,0	7,2	9,4
Moyennes. . . .	10,4	9,3	9,4	9,4	9,7	10,1	10,50

De ces résultats, on déduit les conséquences suivantes :

1° La température moyenne de Zurich est moins élevée que les températures moyennes annuelles à diverses profondeurs, lesquelles s'élèvent quand on s'éloigne du sol, à l'exception toutefois de celle de la couche qui se trouve à $0^{m},076$, et dont le chiffre est plus élevé ;

2° Le mois de février a donné les températures les plus basses, à toutes les profondeurs, et les mois de juillet, août et septembre les températures les plus élevées, selon la profondeur des couches.

MOYENNES ANNUELLES

observées à Genève pendant les années 1796, 1797 et 1798.

MOIS.	TEMPÉRATURE MOYENNE à la profondeur de		TEMPÉRATURE DE	
	$0^m,081$	$1^m,29$	l'arbre.	l'air.
Janvier	0°51	1°79	1°21	1°47
Février	2,37	2,22	1,89	2,13
Mars.	3,01	3,28	3,82	3,76
Avril	12,59	7,37	9,19	8,66
Mai.	15,76	11,00	10,70	11,34
Juin.	17,23	13,44	11,99	12,49
Juillet.	20,01	15,09	13,82	14,80
Août.	19,97	16,39	15,10	15,14
Septembre.	16,65	14,99	13,35	12,77
Octobre.	9,91	10,39	8,88	8,25
Novembre.	5,02	7,62	4,60	4,63
Décembre.	1,37	4,13	1,16	2,83
Moyennes.	10,31	9,00	8,00	8,19

Nous voyons dans ce tableau que, pendant les années 1796, 1797 et 1798, les températures du sol, depuis $0^m,081$ jusqu'à $1^m,29$ au-dessous de la surface, ont été supérieures à celles de l'air, résultats inverses de ceux que les observations de Zurich avaient donnés.

La température a été la plus basse à ces deux profondeurs en janvier, et a présenté peu de différence avec celle de l'air pendant ce même mois. Elle a été la plus élevée en juillet et août, et a présenté, à $0^m,081$ une grande différence

avec celle de l'air, qui ne s'est élevée qu'à 15° en moyenne, tandis qu'elle a été en moyenne de 20° à 0m,081, et de 15°,74 à 1m,29.

Observations de Leith, près d'Édimbourg, pendant 1816 et 1817, par Leslie.

Température moyenne d'Édimbourg, 8°,8.

MOIS.	TEMPÉRATURE MOYENNE EN 1816 ET 1817 à la profondeur de			
	0m,305	0m,610	1m,220	2m,440
Janvier	1°28	3°05	4°78	6°69
Février	1,86	3,33	4,61	5,75
Mars	2,89	3,58	4,80	5,78
Avril	5,76	4,67	5,55	6,22
Mai	7,45	6,67	6,66	72
Juin	10,75	9,83	8,52	8,22
Juillet	12,56	12,09	10,78	9,34
Août	10,94	11,78	10,72	9,83
Septembre	11,28	11,11	11,06	10,19
Octobre	7,97	9,63	9,74	9,83
Novembre	4,72	6,81	8,16	8,10
Décembre	2,61	4,67	6,64	7,89
Moyennes	6,67	7,27	7,67	7,87

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que la température moyenne annuelle des diverses couches est inférieure à celle de l'air, et va en augmentant en s'éloignant du sol, comme à Zurich; la température moyenne de l'air est plus élevée que celle des diverses couches, ce qui est le con-

traire de ce que l'on a observé dans cette dernière localité. Jusqu'à $1^m,29$ de profondeur, c'est en janvier et février où la température est la plus basse, tandis qu'elle est la plus élevée jusqu'à $0^m,152$ en juillet, et en août depuis $0^m,914$ jusqu'à $1^m,829$.

Nous rapporterons maintenant les observations faites à Bruxelles de 1834 à 1842, par M. Quételet.

MOIS.	TEMPÉRATURE à la surface.	TEMPÉRATURES				TEMPÉRATURE de l'air.
		à $0^m,19$ de profondeur.	à $0^m,45$ de profondeur.	à $1^m,0$ de profondeur.	à $3^m,9$ de profondeur.	
Janvier.	2°40	3°24	4°90	6°01	11°73	1°83
Février.	3,06	3,25	4,74	5,77	10,70	4,09
Mars.	4,81	4,55	4,65	6,39	9,97	5,99
Avril.	6,94	6,11	6,63	7,13	9,68	8,49
Mai.	12,00	10,25	10,42	9,99	9,91	13,92
Juin.	15,87	13,84	13,91	13,18	10,75	17,39
Juillet.	16,94	14,95	15,25	14,90	11,86	17,90
Août.	16,75	16,12	15,56	15,73	13,30	18,01
Septembre. . . .	14,15	13,22	14,06	15,68	13,81	15,16
Octobre.	9,96	10,21	11,47	13,27	14,06	10,97
Novembre. . . .	5,69	6,48	8,33	10,06	13,68	6,82
Décembre. . . .	3,37	4,06	5,41	8,40	12,76	4,10
Moyenne de l'année	9,33	8,82	9,61	10,49	11,82	10,30

Ces observations, qui ont été corrigées, montrent que la température moyenne de l'air, comme à Zurich, est supérieure à celle du sol jusqu'à $0^m,19$, tandis qu'à partir de 1^m jusqu'à $3^m,90$, elle augmente de $1°,50$.

Les minima se montrent en janvier jusqu'à 1^m de profondeur, et les maxima en juillet.

Dans ces quatre séries d'observations, on voit que les minima de température ont eu lieu en janvier ou en janvier et février, et les maxima en juillet, août et septembre, suivant la profondeur, c'est-à-dire les premiers en hiver, les seconds en été.

Quant aux rapports entre les températures moyennes de l'air et celles des couches à différentes profondeurs, l'accord n'est plus le même : à Zurich, à Leith et à Bruxelles, la température est plus élevée, mais seulement jusqu'à $0^m,19$, tandis qu'à Genève elle est plus basse.

Ces différences peuvent être attribuées à des causes dont on ne tient pas compte généralement ; ces causes sont la saison des pluies et la nature du sol. La température moyenne du sol, à diverses profondeurs, doit présenter effectivement des différences dans deux localités placées sous la même latitude et ayant un sol semblable, selon que l'une est à pluie d'été et l'autre à pluie d'automne ou d'hiver. Les eaux déversées par les premières en pénétrant dans le sol tendront à le réchauffer, les secondes à le refroidir ; de là des effets contraires produits sur la température des parties du sol où pénètrent les eaux pluviales.

Les observations recueillies par M. Forbes, à Édimbourg (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. VIII, p. 86) montrent bien l'influence de la nature du sol sur l'amplitude de la variation annuelle ; dans le grès, les variations de températures à 1 mètre de profondeur sont moins élevées que dans le trapp, et dans le trapp moindres que dans le sable ; à 2 mètres, le rapport est déjà changé,

puisque la différence de température est plus élevée dans le grès que dans le trapp; enfin, à 8 mètres, elle est plus forte dans le grès que dans les autres terrains.

Dans toutes les observations que je viens de rapporter, on ne peut employer que les séries relatives à Genève et à Bruxelles, pour comparer les températures maxima et minima du sol aux températures moyennes correspondantes de l'air, puisque ce sont les seules qui fassent mention de ces dernières.

Genève, de 1796 à 1798 (trois années):

Janvier, minimum.	Température moyenne de l'air	1°,47
	Température de $0^m,081$ à $1^m,26$ de profondeur	1°,30
Juillet et août, maximum.	Température moyenne de l'air	14°,97
	Température maximum de $0^m,081$ à $1^m,26$	17°,86

Bruxelles, de 1834 à 1842 (huit années):

Janvier, minimum.	Température moyenne de l'air	1°,83
	Température jusqu'à 1^m de profondeur	4°,14
Juillet et août, maximum.	Température moyenne de l'air	17°,95
	Température moyenne jusqu'à 1^m	15°,64

On voit par là qu'à Genève, en janvier, époque du minimum, la température moyenne de l'air et celle du sol jusqu'à 1 mètre diffèrent très-peu, tandis que la température moyenne de l'air et celle du sol, en été, diffèrent de 2°,89 en faveur de l'air.

A Bruxelles, il n'en est pas de même.

En janvier, la température moyenne du sol l'emporte sur celle de l'air de 2°,30.

En juillet et août, celle de l'air est supérieure à celle du

sol de 2°,31, précisément du même nombre de degrés. Cette coïncidence est remarquable.

On peut grouper les observations relatives à Bruxelles d'une autre manière :

Pendant les mois de janvier, février et mars, on a eu :

Température moyenne des diverses couches jusqu'à $0^m,45$	4°,49
Id. de l'air	3°,97
Différence en faveur du sol	0°,52

Température moyenne des diverses couches jusqu'à 1^m	6°,06
Id. de l'air	3°,97
Différence en faveur du sol	2°,09

D'avril en septembre, on a des effets contraires :

Température moyenne de l'air	15°,14
Id. du sol jusqu'à 1^m de profondeur	12°,87
Différence en faveur de la température moyenne de l'air	2°,27

D'octobre en décembre, la température du sol devient supérieure jusqu'à 1^m de profondeur.

Température moyenne du sol	8°,06
Id. de l'air	7°,16
Différence en faveur du sol	0°,90

On voit donc que pendant six mois de l'année, d'avril en septembre, c'est-à-dire pendant le printemps et l'été, la température moyenne de l'air a été supérieure de 3°,27 à celle de la partie du sol où se trouvent les racines, et inférieure, au contraire, de 1°,50 d'octobre en mars.

Sous le climat de Paris, les observations manquent pour faire une supputation semblable. Celles qui ont été faites il y a une trentaine d'années à l'Observatoire n'ayant pas subi

les corrections dépendantes du rapport des volumes de liquides que renferment la boule et la tige de chaque thermomètre n'ont pas été publiées. M. Poisson, qui en fait mention dans la *Théorie mathématique de la chaleur*, s'en est servi seulement pour comparer les époques calculées des maxima et des minima de température à $6^m,49$ et $8^m,121$ de profondeur aux époques observées.

Depuis le 1er janvier dernier, j'ai commencé à observer régulièrement avec le thermomètre électrique les températures à $1^m,26$ et à 3^m au-dessous du sol, avec une précision qui ne laisse, je crois, que peu de chose à désirer, et sans qu'il soit nécessaire de faire aucune correction, et cela dans le but de comparer la température des arbres avec celle des parties du sol où se trouvent les racines. Voici les résultats que j'ai obtenus :

Température moyenne	en janvier à 3^m au-dessous du sol.........	$11°,30$
Id.	à $1^m,26$................................	$7°,60$
Id.	de l'air..................................	$4°,48$
Différence entre la température à $1^m,26$ et celle dans l'air.........		$3°,12$

Quoique la température n'ait pas été observée régulièrement en décembre à $1^m,26$ alors que la température moyenne de l'air était de $3°,26$, on est porté à croire, d'après seulement quelques observations, que pendant ce mois la différence entre la température du sol à cette profondeur et celle de l'air a été d'environ $4°,35$.

Il est donc bien prouvé que sous le climat de Paris, comme sous celui de la Belgique, la température des couches du sol où se trouvent les racines des arbres de première grandeur est supérieure en décembre et janvier de $3°$

environ à celle de l'air. Comment cette température peut-elle exercer une influence sur celle des arbres? Si le mouvement ascensionnel des liquides absorbés par les racines ne peut avoir lieu parce que les branches étant privées de leurs feuilles, l'évaporation est nulle, les parties vertes des branches remplissent les mêmes fonctions, mais à un degré moindre. Il peut se faire, mais ce n'est là qu'une simple supposition, que la séve qui gorge les vaisseaux étant refroidie quand la température de l'air est à zéro et au-dessous soit déplacée par les liquides qui se trouvent dans les racines, en raison d'une densité moindre?

En été le mouvement ascensionnel de la séve est accéléré par suite de la présence des feuilles; cette séve porte dans les tissus un liquide ayant une température moins élevée de quelques degrés que celle de l'air et tempère l'échauffement du végétal sous l'influence du milieu ambiant.

§ II. — *De la température des végétaux et du sol dans le nord de l'Amérique septentrionale.*

M. Bourgeau, botaniste attaché à l'expédition d'exploration du capitaine Pallisser, dans les possessions anglaises de l'Amérique septentrionale, a fait en 1857 et 1858 un assez grand nombre d'observations sur la température des arbres et sur celles du sol à diverses profondeurs (*Journal of the linnean Society of London*). Ces observations sont d'autant plus importantes qu'elles ont été faites près du fort Carlton, sur le Katchewan, sous le 52e degré de latitude, dans des lieux où la température de l'air descend en hiver au-dessous du degré de la congélation du mercure. Ce voyageur ayant

eu l'obligeance de me confier son registre d'observations, j'ai pu discuter la valeur de celles-ci et en déduire des conséquences qui ne sont pas sans intérêt.

M. Bourgeau pratiquait au-dessous du sol des trous de $0^m,609$ et de $0^m,913$ de profondeur, dans lesquels il introduisait des thermomètres, dont les réservoirs étaient entourés d'une étoffe de laine, puis il remplissait les trous avec de la laine et du coton tassés. Quand il voulait observer, il retirait les thermomètres et lisait rapidement les degrés. Ce mode d'expérimentation n'est pas aussi exact que celui qui consiste à fermer hermétiquement les trous, afin d'empêcher l'introduction de l'air et de l'eau, qui sont autant de causes d'erreurs ; néanmoins les observations peuvent servir quand l'air est sec, que les thermomètres restent en place pendant vingt-quatre heures, afin de leur donner le temps de se mettre en équilibre de température avec les milieux ambiants, et que l'on observe rapidement, comme l'a fait M. Bourgeau. L'étoffe de laine, dont les réservoirs étaient constamment entourés, empêchait que la température de l'air n'exerçât une influence bien sensible sur celle de l'instrument lorsqu'il ne restait que quelques instants hors du trou.

M. Bourgeau observait la température dans des arbres ayant $0^m,54$ de diamètre, en pratiquant des trous obliques de haut en bas de $0^m,40$ de profondeur, dans lesquels il introduisait des thermomètres disposés comme les précédents. Les observations ont été faites sur un *Populus balsamifera* et un *Abies alba* pendant huit mois en 1857 et 1858, à neuf heures du matin, à l'instant où la température est à peu près la moyenne de la journée. On trouvera dans les trois tableaux suivants les moyennes de ces observations.

JANVIER 1858.

DATE.	TEMPÉRATURE MOYENNE			
	de l'air.	à $0^{m},600$ au-dessous du sol.	à $0^{m},913$ au-dessous du sol.	à $0^{m},40$ de profondeur dans un peuplier.
1	— 4°40	— 2°20	— 1°76	» »
2	— 0,16	— 2,20	— 0,18	— 12°65
3	+ 6,05	— 2,20	— 0,18	— 2,20
4	— 15,95	— 2,20	— 0,11	» »
5	— 15,95	— 2,20	— 0,11	— 13,47
6	— 30,25	— 2,20	— 0,11	— 23,10
7	— 24,31	— 3,02	— 0,27	— 22,60
8	— 19,25	— 3,85	— 0,27	— 21,73
9	— 12,11	— 3,96	— 0,55	— 20,90
10	— 17,71	— 4,07	— 0,55	» »
11	— 17,00	— 4,23	— 0,82	— 16,22
12	— 30,25	— 4,23	— 0,82	— 22,33
13	— 34,65	— 4,23	— 0,82	— 24,86
14	— 27,06	— 4,23	— 0,82	— 29,70
15	— 27,06	— 4,23	— 1,76	— 24,75
16	— 34,92	— 5,22	— 1,54	— 22,00
17	— 22,16	— 5,05	— 1,54	— 21,45
18	— 6,32	— 5,05	— 2,14	— 11,00
19	— 3,35	— 4,95	— 2,14	» »
20	— 9,62	— 4,95	— 2,00	— 14,30
21	— 15,30	— 4,95	— 2,00	— 14,08
22	— 13,75	— 4,84	— 2,00	— 9,90
23	— 18,86	— 4,67	— 2,00	— 15,12
24	— 21,83	— 4,84	— 2,00	— 18,70
25	— 20,46	— 4,67	— 2,42	» »
26	— 22,71	— 5,50	— 2,53	— 15,40
27	— 17,16	— 5,05	— 2,53	» »
28	— 21,75	— 5,61	— 2,75	» »
29	— 12,10	— 5,77	— 3,19	— 16,00
30	— 19,25	— 5,99	— 3,30	— 15,40
31	— 13,20	— 6,05	— 3,30	— 8,80
Moyennes.	— 17,81	— 4,27	— 1,57	— 17,40

ANNÉE.	MOIS.	TEMPÉRATURE MOYENNE de l'air.	à 0m,609 au-dessous du sol.	à 0m,913 au-dessous du sol.	à 0m,40 de profondeur dans un peuplier *Populus balsamifera*.	à 0m,40 de profondeur dans un *Abies alba*.
1857	Novembre.......	— 6°07	+ 1°96	+ 3°24	» »	» »
	Décembre.......	— 12,99	— 0,71	+ 0,44	— 12°32	» »
1858	Janvier.........	— 17,81	— 4,34	— 1,48	— 17,40	— 16°17
	Février.........	— 21,23	— 7,76	— 5,12	— 21,55	— 17,42
	Mars...........	— 0,81	— 3,57	— 3,19	— 1,87	» »
	Avril...........	+ 3,32	» 0,00	— 0,60	+ 1,54	» »
	Mai............	+ 8,52	+ 1,15	— 0,27	+ 9,90	» »
	Juin...........	+ 14,35	+ 3,41	+ 1,04	+ 12,82	» »
	Moyennes.....	— 4,10	— 1,23	— 0,74	— 4,12	» »
	MAXIMA ET MINIMA DE CHAQUE JOUR PENDANT LES MÊMES MOIS.					
1858	Janvier.........	max. + 6°05	— 2°20	» 0°00	— 2°20	» »
		min. — 34,60	— 6,05	— 3,03	— 29,70	» »
	Février.........	max. — 3,30	— 5,05	— 3,30	— 9,07	» »
		min. — 37,40	— 11,55	— 7,15	— 31,35	» »
	Mars...........	max. + 6,65	— 1,10	— 1,02	+ 1,65	» »
		min. — 17,05	— 7,70	— 5,35	— 13,75	» »
	Avril...........	max. + 12,10	— 0,55	— 0,60	+ 12,10	» »
		min. — 8,80	— 1,65	— 1,32	» 0,00	» »
	Mai............	max. + 12,07	+ 2,75	+ 1,58	+ 26,07	» »
		min. — 2,75	— 0,49	— 0,55	+ 3,58	» »
	Juin...........	max. + 18,76	+ 4,40	+ 1,65	+ 18,75	» »
		min. + 16,50	+ 2,42	+ 0,55	+ 11,27	» »
	Moyennes.....	» »	» »	» »	» »	» »

Les observations consignées dans les tableaux précédents conduisent aux conséquences suivantes :

1° De novembre 1857 à juin 1858, les températures moyennes de l'air et du *Populus balsamifera* ont été les mêmes, les différences ne portant que sur des centièmes.

Ce résultat, obtenu dans un pays à température extrême, confirme le principe que j'ai établi dans mes précédentes communications, à savoir que la température des végétaux tend sans cesse à se mettre en équilibre avec celle de l'air, malgré les causes perturbatrices incessantes qui agissent pour l'augmenter ou la diminuer.

1° Les températures moyennes mensuelles ont présenté également peu de différence dans l'arbre et dans l'air, bien qu'il y en ait eu de très-grandes dans les températures maxima et minima ; dans le mois de janvier par exemple, les maxima et minima ont été dans l'air + 6° et — 34°,60, et dans le peuplier, — 2°,20 et — 29°,70;

3° Pendant les huit mois d'observations, la température moyenne a été, dans le sol, à 0m,913 et à 0m,609, 5,5 et 2 fois plus forte que dans l'air. (Voir le tracé des observations, fig. 7, pl. IV.)

Le dégel a lieu ordinairement en mai, le printemps commence aussitôt et bientôt après arrive l'été. La rapidité de la végétation est telle que les céréales semées dans ce mois se récoltent vers la fin de juillet. Les fleurs paraissent sur les peupliers, quand la température de l'air est de + 13°,47, et qu'il gèle encore dans le sol à 0m,609 et à 0m,913 de profondeur.

Les feuilles se sont montrées dans les premiers jours de juin, alors que les racines se trouvaient dans des couches de

terre où la température était encore à zéro. Des effets semblables se produisent quand on introduit dans une serre chaude des ceps de vigne dont les pieds et les racines sont en terre, à l'extérieur; les bourgeons et même les feuilles commencent à se développer alors qu'il gèle en dehors à 8° et 10° au-dessous de zéro.

Le *Populus balsamifera* et l'*Abies alba,* ainsi que bien d'autres espèces d'arbres, sont exposés à des froids de — 40°, sans que leur organisation en souffre le moindrement; mais auss les racines de ces arbres se trouvent dans des couches de terre dont la température est cinq fois et demie plus élevée que celle de l'air.

Certaines espèces d'arbres contractent des habitudes qui leur permettent de supporter de grands froids; c'est ainsi que M. Boussingault a vu au Liebfranenberg (Bas-Rhin) des mûriers blancs âgés de plus de quarante ans résister à des froids très-intenses s'élevant à — 20°, et habituellement à — 12.

Les observations de M. Bourgeau indiquent également, comme je l'ai démontré dans mon dernier Mémoire, que les arbres possèdent la faculté de résister plus ou moins de temps aux froids extérieurs.

Cette propriété a été mise de nouveau en évidence dans les observations faites récemment au Jardin des plantes sur un marronnier qui sert à mes expériences depuis dix-huit mois. (Observations consignées dans le tableau IV.)

JANVIER 1860.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	10°0	13°6	12°0	11°1	11°2	11°6
2	9,0	10,1	8,0	10,0	10,3	9,7
3	9,4	12,0	10,6	8,7	10,5	10,4
4	8,0	7,2	5,0	9,6	9,2	8,7
5	5,8	10,0	7,0	7,8	5,7	7,6
6	5,6	5,0	5,2	7,0	7,0	6,6
7	2,8	4,8	3,2	5,4	5,7	5,2
8	1,0	5,2	0,3	4,0	4,0	4,0
9	5,0	2,6	-0,5	2,2	2,4	2,4
10	0,0	2,1	0,3	1,6	1,6	1,6
11	2,0	7,1	4,0	1,2	1,8	2,5
12	2,4	7,1	3,4	2,6	2,9	3,4
13	2,2	6,6	2,2	2,8	3,0	3,5
14	1,0	3,6	2,4	2,9	2,8	3,0
15	6,6	8,4	8,4	3,3	4,0	4,8
16	6,2	8,7	4,4	5,6	5,7	5,8
17	2,0	6,0	1,8	5,0	5,4	4,8
18	2,8	6,9	5,0	4,0	4,0	4,6
19	4,2	9,0	7,0	4,4	4,8	5,4
20	5,8	7,7	6,4	5,0	5,5	5,8
21	4,0	5,8	5,5	5,2	5,1	5,5
22	4,9	8,4	5,2	4,5	5,4	5,0
23	4,6	8,2	6,6	4,7	4,8	5,2
24	7,0	6,0	5,0	5,4	5,8	5,8
25	5,4	6,6	5,0	5,3	5,4	5,5
26	2,4	5,5	5,0	4,6	4,8	6,2
27	8,6	9,8	8,2	6,0	6,4	6,6
28	4,2	5,6	3,0	6,0	5,8	5,4
29	8,0	9,2	6,0	5,1	5,8	6,0
30	5,2	7,3	6,2	5,8	5,9	6,2
31	5,8	7,0	3,8	5,8	6,0	5,5
Moyennes.	4,77	7,20	5,05	5,24	5,44	5,62

Moyenne des températures à la surface du marronnier au nord. . 5°67
Moyenne des températures du marronnier. 5,43

FÉVRIER 1860.

DATE.	TEMPÉRATURE à la surface du marronnier au nord.			TEMPÉRATURE du marronnier.		
	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.	9 h. matin.	3 h. soir.	9 h. soir.
1	1°4	3°6	1°8	4°2	4°0	4°0
2	2,4	2,8	1,0	3,0	2,8	3,0
3	— 1,1	1,6	1,3	1,6	1,6	1,6
4	1,7	4,4	2,6	1,4	4,0	2,0
5	4,6	8,6	6,2	2,2	3,0	4,0
6	3,6	7,9	3,8	4,6	4,7	4,8
7	4,6	6,0	5,4	3,6	4,0	4,4
8	7,0	8,4	6,4	4,8	5,6	6,0
9	5,4	4,0	2,2	5,4	6,0	6,2
10	1,0	2,6	— 0,4	3,6	3,6	3,4
11	0,0	2,2	— 2,2	1,8	1,8	1,6
12	— 1,2	2,0	— 0,4	1,0	0,8	0,7
13	— 5,2	— 1,1	— 4,8	0,3	0,4	0,4
14	— 2,2	— 0,6	— 4,0	0,2	0,1	0,2
15	— 3,6	2,5	2,3	0,2	0,1	0,2
16	3,2	3,4	0,0	0,1	0,1	0,2
17	1,4	2,0	— 1,2	0,2	0,2	0,3
18	0,4	3,2	2,8	0,2	0,2	0,2
19	3,4	4,4	4,4	0,2	0,3	0,4
20	1,0	2,4	0,5	0,4	0,4	0,4
21	3,0	3,4	2,8	0,4	0,2	0,5
22	1,8	1,6	— 1,0	0,4	0,4	0,4
23	— 1,0	1,6	— 0,4	0,4	0,4	0,4
24	— 0,4	2,4	— 1,0	0,4	0,7	0,4
25	— 0,3	7,2	1,1	0,4	0,7	0,5
26	4,4	4,4	9,4	1,0	2,0	3,6
27	7,3	7,2	4,6	5,5	5,6	5,4
28	6,3	10,6	6,6	4,9	5,8	6,5
29	6,2	8,0	3,6	5,8	6	6
Moyennes.	+ 1,9	+ 4,0	+ 1,9	+ 2,1	+ 2,3	+ 2,4

Moyenne des températures à la surface du marronnier au nord. . 2°6
Moyenne des températures du marronnier. 2,3

En décembre 1859, la température de l'arbre n'est descendue à zéro que lorsque celle de l'air eut atteint — 8°. Quand cette dernière était à — 14°, l'arbre n'avait encore que — 3°,8. Dans le mois de février dernier, la température n'est pas descendue à zéro dans l'arbre, quoique celle de l'air ait été plusieurs jours de suite à — 5°. Il paraîtrait donc que dans un marronnier d'Inde ayant un diamètre de 0^{m},52, tant que la température de l'air ne descend pas à — 8°, celle de l'arbre n'atteint pas zéro, bien que le froid dure plusieurs jours. Les végétaux paraissent donc posséder la faculté de résister pendant un certain temps à l'action du froid extérieur. Un autre fait vient à l'appui.

Du 11 au 15 février, période pendant laquelle il y a eu gelée, dégel, et reprise de gelée, la température moyenne de l'air n'a pas dépassé + 0°,63, et les minima ont été — 3°, — 4° et — 5°. Dans l'arbre, la température est restée à peu près stationnaire et égale à 0°,44, et cependant il existait une cause de refroidissement à l'extérieur qui n'a pas cessé d'agir. Le 26, la température moyenne de l'air étant devenue + 6°, celle de l'arbre a suivi immédiatement un mouvement ascendant en augmentant de 1° de six heures en six heures, jusqu'au lendemain matin neuf heures. La résistance que l'arbre a présentée au refroidissement a donc été remplacée immédiatement par une disposition prononcée à l'échauffement. Le 27, dans la journée, la température de l'arbre avait repris sa marche ordinaire, c'est-à-dire que ses variations avaient beaucoup moins d'amplitude que celles de l'air. Ces effets sont dus au mouvement ascensionnel de la séve, ou à des phénomènes physiologiques.

CHAPITRE VII.

DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR AU NORD, A UNE CERTAINE DISTANCE DES HABITATIONS, ET A LA SURFACE DES ARBRES EN FEUILLES.

---

§ I. — *De la température de l'air en général.*

On a émis des doutes sur l'exactitude de la méthode à l'aide de laquelle on évalue la température moyenne diurne de l'air, méthode qui consiste à prendre la moyenne d'observations horaires, bi-horaires, ou à des heures déterminées faites chaque jour au nord ou celle du maximum et du minimum de la journée, multipliée par un coefficient variable d'un mois à l'autre. On déduit, avec ces déterminations, les moyennes mensuelles et annuelles et la moyenne d'un lieu, qui est la moyenne du plus grand nombre possible de moyennes annuelles, laquelle est une valeur à peu près invariable.

On a objecté à cette méthode que le thermomètre placé au nord, étant influencé par le rayonnement du sol et celui du bâtiment adjacent, ne devait pas donner la température exacte de l'air, laquelle, étant influencée par des courants d'air qui se croisent dans tous les sens, était un élément varia-

27.

ble et difficile à saisir. Ces objections, quoique réelles, ne sont pas de nature néanmoins, comme je vais le démontrer, à faire abandonner la méthode employée jusqu'ici pour déterminer la température moyenne d'un lieu. Que doit-on chercher dans un phénomène essentiellement variable? ce qu'il y a de fixe : on y parvient, comme on le fait en statistique, en prenant des moyennes qui éliminent les effets des causes perturbatrices, agissant tantôt dans un sens, tantôt dans un autre.

On s'exagère au surplus l'influence qu'exercent sur un thermomètre placé au nord, à 1 ou 2 mètres au-dessus du sol, le rayonnement de ce dernier et celui du bâtiment auquel il est fixé : le thermomètre électrique va nous en fournir la preuve, cet instrument permettant d'éviter les causes d'erreur signalées.

Le circuit métallique, qui en forme la partie principale, se compose de deux fils, l'un de cuivre, l'autre de fer, dont le diamètre, qui dépend de leur longueur, varie de 1 à 3 millimètres et même plus. Dans celui qui a servi à mes observations, la longueur est de 50 mètres et le diamètre de deux millimètres. Ces deux fils, à l'exception des deux soudures, sont recouverts de gutta-percha et enveloppés d'un ruban de fil, le tout goudronné pour garantir la gutta-percha, qui est sujette à gercer sous les influences atmosphériques. Une portion du circuit est placée dans l'intérieur d'un mât de sapin de 16 mètres de longueur, évidé à cet effet, mastiqué, puis peint. La soudure extérieure pourvue de son réflecteur se trouve à l'extrémité supérieure du mât, et l'autre dans l'observatoire. Le reste du circuit est enterré à $0^m,66$ au-dessous du sol et recouvert de pavés réunis avec de la chaux

hydraulique, afin de le soustraire à l'humidité et à la radiation solaire qui, lorsqu'il y a défaut d'homogénéité dans quelques parties, donne lieu à des courants thermo-électriques secondaires contre lesquels on ne saurait trop se mettre en garde, surtout avec un circuit dont le fer fait partie.

Le mât a été élevé dans l'un des angles du grand amphithéâtre du Jardin des Plantes, sur la face nord. La soudure extérieure du thermomètre électrique dépasse de 6 mètres la corniche du bâtiment, et est éloignée conséquemment du rayonnement sensible de ce dernier et de celui du sol. L'extrémité du mât, n'ayant qu'un décimètre de diamètre, ne saurait agir par sa masse de manière à troubler les résultats. La soudure est recouverte de trois réflecteurs en fer-blanc, faisant système, et engagés dans le mât au moyen d'une douille (pl. V, fig. 10).

Avant d'exposer les observations qui font l'objet de ce travail, je rappellerai celles que j'ai faites en 1858 à Paris et à Châtillon-sur-Loing (voir pages 90, 91, 92, 93, etc.). A Paris, la soudure extérieure était placée à 5 mètres au-dessus de la plate-forme de l'Observatoire du Jardin des Plantes; à Châtillon, à 6 mètres au-dessus du faîte d'une maison élevée de 11 mètres au-dessus du sol. Les thermomètres électriques ont marché d'accord avec des thermomètres ordinaires placés au nord, à Paris, depuis le 29 juin jusqu'au 9 juillet 1858; à Châtillon, pendant juillet et août de la même année, on pouvait déjà en conclure que les diverses causes perturbatrices qui existent à peu de distance du sol n'ont pas une influence bien sensible sur la température moyenne; cette conclusion ne pouvait pas être généralisée sans nouvel examen, attendu

qu'il fallait encore prendre en considération le rayonnement direct du soleil et diverses conditions atmosphériques qui exercent quelquefois une influence, non pas sur sa valeur absolue, mais sur les divers éléments qui la composent. C'est cette partie de la question qui a fait le sujet des recherches que je vais exposer.

Dans le tableau suivant se trouvent toutes les observations faites pendant les mois de mars, d'avril et de mai de cette année jusqu'au 15, avec le thermomètre ordinaire placé au nord, le thermomètre électrique, dont la soudure se trouve au haut d'un mât de 16 mètres de hauteur, et un thermomètre ordinaire placé sur le côté nord d'un gros marronnier d'Inde abrité des vents du nord par une maison peu éloignée. On a consigné en outre dans une colonne spéciale l'état du ciel, qui joue un rôle important dans les températures observées.

MARS 1860.

HEURES DU MATIN. — THERMOMÈTRES			ÉTAT du CIEL.	3 HEURES DU SOIR. — THERMOMÈTRES			ÉTAT du CIEL.	9 HEURES DU SOIR. — THERMOMÈTRES			ÉTAT du CIEL.
é[triq.] [a]u [m]ât.	ordinaire au marronn.	ordinaire au Nord.		électriq. au mât.	ordinaire au marronn.	ordinaire au Nord.		électriq. au mât.	ordinaire au marronn.	ordinaire au Nord.	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
°90	7°20	7°00	»	8°60	8°70	9°00	Pluie fine.	»	»	»	»
,85	5,90	6,40	»	»	»	»	»	»	»	»	»
,50	4,70	4,90	Soleil.	7,60	7,60	7,10	»	»	»	»	»
,20	6,10	5,80	»	»	»	»	»	»	»	»	»
,30	2,40	1,80	»	2,55	2,60	2,40	Neige et grêle.	»	»	»	»
–,20	—1,10	—1,70	Neige et grêle.	—0,70	—0,60	—0,95	»	»	»	»	»
–,30	—1,80	—1,50	»	»	»	»	»	»	»	»	»
–,10	+1,20	+1,10	»	3,20	3,40	3,40	»	»	»	»	»
,50	1,60	1,70	Soleil.	»	»	»	»	»	»	»	»
,45	4,50	4,30	Brume.	6,10	6,10	6,0[illegible]	Couvert.	»	»	»	»
,20	5,40	5,40	Couvert.	4,90	5,00	4,60	Id.	»	»	»	»
,90	5,00	4,60	Id.	»	»	»	»	2°90	2°60	2°30	Clair.
,70	5,70	5,50	Id.	7,40	7,60	7,50	Couvert.	6,60	6,40	6,10	Couvert.
,40	7,40	7,40	Id.	8,55	8,70	8,70	Id.	»	»	»	Id.
,20	10,20	10,20	Id.	12,50	12,40	12,30	Id.	»	7,20	»	Id.
,40	7,70	7,40	Éclairci.	»	»	»	Serein.	8,60	8,90	8,50	Couvert.
,20	11,00	9,20	Soleil.	14,20	14,10	13,00	Soleil.	8,35	7,50	6,50	Clair.
,40	8,40	8,20	Soleil sombre.	11,40	12,40	12,00	Couvert.	6,60	6,70	6,40	Pluie.
,40	8,60	7,20	Soleil.	8,70	8,20	8,00	Giboulée.	5,60	5,60	4,40	Clair.
,30	7,00	6,20	Id.	9,60	9,90	9,90	Couvert.	8,10	8,60	8,30	Vent froid.
,70	6,90	6,80	Éclairci.	7,00	7,10	6,90	Soleil par intervalles.	3,70	3,80	3,30	Clair.
,90	8,00	8,30	Id.	7,80	7,60	6,60	Soleil.	5,40	5,60	5,10	Id.
,40	7,40	7,50	Couvert.	9,60	8,40	7,90	Id.	—5,90	5,80	5,60	Id.
,20	6,60	6,40	Nuageux.	8,90	9,00	9,00	Nuageux.	5,50	5,40	5,10	Id.
,60	10,20	10,40	Id.	11,50	11,80	11,70	Pluie.	11,20	11,00	11,00	Couvert.
,40	12,80	12,80	Soleil par intervalles.	14,40	14,40	14,20	Couvert.	10,30	10,20	9,60	Pluie.
,40	10,10	9,60	Couvert.	12,30	12,60	12,50	Id.	10,60	10,60	10,00	Clair.
,60	10,50	10,50	Id.	10,50	11,20	11,00	Pluie.	10,00	10,20	9,80	Id.
66	6,40	6,12		8,49	8,50	8,30		7,19	7,10	6,80	

On déduit des résultats consignés dans le tableau précédent les conséquences suivantes :

Température moyenne de l'air à 16 mètres au-dessus du sol..	7°,25
Id. au nord à 1^m,66..	7°,06
Différence..............	0°,19
Température moyenne de l'air à la face nord du marronnier d'Inde.......................................	7°,33

Les deux premières, qui nous intéressent le plus, ne diffèrent que de 0°,19. Cette différence est due au rayonnement solaire; en effet :

Si l'on groupe, dans un tableau, les observations qui ne présentent que de faibles différences, pour connaître les causes qui influent sur la température de l'air aux deux stations, on a :

MARS 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN. — THERMOMÈTRES		ÉTAT du CIEL.	3 HEURES DU SOIR. — THERMOMÈTRES		ÉTAT du CIEL.	9 HEURES DU SOIR. — THERMOMÈTRES		ÉTAT du CIEL.
	électrique au mât.	ordinaire au Nord.		électrique au mât.	ordinaire au Nord.		électrique au mât.	ordinaire au Nord.	
1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4	6°90	7°00	»	»	»	»	»	»	»
5	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	»	»	»	2°55	2°40	Neige et grêle.	»	»	»
9	»	»	»	—0,70	—0,97	»	»	»	»
10	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	1,10	1,10	»	3,20	3,40	»	»	»	»
12	1,50	1,70	Soleil.	»	»	»	»	»	»
13	4,45	4,30	Brume.	»	»	»	»	»	»
14	5,20	5,40	Couvert.	6,10	6,00	Couvert.	»	»	»
15	»	»	»	»	»	»	»	»	»
16	5,70	5,50	Couvert.	7,40	7,50	Couvert.	»	»	»
17	7,40	7,40	Id.	8,55	8,70	Id.	»	»	»
18	10,20	10,20	Id.	12,50	12,30	Id.	»	»	»
19	7,40	7,40	Éclairci.	»	»	»	8,60	8,50	Couvert.
20	»	»	»	»	»	»	»	»	»
21	»	»	»	»	»	»	6,60	6,40	Pluie.
22	»	»	»	»	»	»	»	»	»
23	»	»	»	9,60	9,90	Couvert.	8,10	8,30	Vent froid.
24	6,70	6,80	Éclairci.	7,00	6,90	»	3,70	3,30	Clair
25	7,90	8,30	Id.	»	»	»	5,40	5,10	Id.
26	7,40	7,60	Couvert.	»	»	»	5,90	5,60	Id.
27	6,20	6,40	Nuageux.	8,90	9,00	Couvert.	5,50	5,10	Id.
28	»	»	»	11,50	11,70	Pluie.	11,20	11,00	Couvert.
29	12,40	12,80	Éclairci.	14,40	14,20	Couvert.	»	»	»
30	»	»	»	12,30	12,50	Id.	»	»	»
31	»	»	»	»	»	»	10,20	9,80	Clair.
Moyennes.	6,50	6,50		7,94	7,96		7,24	7,03	

Ce relevé montre que, lorsque le ciel était couvert, la température moyenne de l'air, à 9 heures du matin, a été exactement la même à 16 mètres au-dessus du sol, sans abris, et à 1^{m},66 au nord, à l'ombre; il en a été de même de celle à 3 heures du soir; tandis que, à 9 heures du soir, les deux températures différaient entre elles de 0°,21.

Le rayonnement solaire n'affecte donc pas autant qu'on aurait pu le supposer la température moyenne observée avec le thermomètre électrique. Voici comment on peut en rendre compte, en formant deux groupes avec les observations recueillies :

Premier groupe d'observations; ciel couvert :

TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR

	à 16^{m} au-dessus du sol.		à 1^{m},66 au nord.
9 heures du matin........	7°,48	....	7°,58
3 heures du soir.	9°,67	....	9°,75
9 heures du soir.........	8°,80	....	8°,50
Moyenne de la journée.	8°,65	....	8°,61

Ces deux valeurs peuvent être considérées comme égales.

Deuxième groupe d'observations; soleil sans nuages :

TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR

	à 16^{m} au-dessus du sol.		à 1^{m},66 au nord.
9 heures du matin.	7°,10	... .	7°,19
2 heures du soir..........	9°,50	....	8°,60
Moyenne..............	8°,30	....	7°,89
	Différence.	0°,41	

Dans le deuxième groupe, les moyennes diffèrent entre

elles de 0°,41 ; cette différence est due au rayonnement solaire, lequel est moindre quand on prend la moyenne des observations faites quel que soit l'état du ciel; comme on l'a vu précédemment, puisque cette différence n'est que de 0,19.

On peut interpréter ces résultats comme il suit : lorsque le ciel est couvert, le rayonnement est le même aux deux stations; quand le soleil brille, il n'en est pas de même, le thermomètre ordinaire, placé au nord est abrité de la radiation solaire, tandis que la soudure du thermomètre électrique, qui est à l'extrémité du mât, étant exposée à cette radiation, dont ne la garantit pas entièrement son réflecteur, doit indiquer une température plus élevée que le thermomètre au nord. Avec le thermomètre électrique on a toute la part afférente à la radiation solaire dans la température moyenne.

Je passe aux observations d'avril.

AVRIL 1860.

DATE	9 HEURES DU MATIN. — TEMPÉRATURES			ÉTAT du CIEL.	3 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES			ÉTAT du CIEL.	9 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES			ÉTA du CIE
	therm. électr. au haut de l'amphithéâtre.	therm. ordin. à la surface du marronn.	thermomètre ordinaire au Nord.		therm. électr. au haut de l'amphithéâtre.	therm. ordin. à la surface du marronn.	thermomètre ordinaire au Nord.		therm. électr. au haut de l'amphithéâtre.	therm. ordin. à la surface du marronn.	thermomètre ordinaire au Nord.	
1	11°60	12°10	12°10	Soleil par intervalles.	14°00	14°20	13°40	Soleil.	9°50	9°70	9°20	Plu
2	8,50	8,90	8,90	Éclairci.	10,50	10,60	10,20	Pluie.	9,50	9,50	9,10	Cou
3	8,60	9,70	8,40	Soleil.	13,30	12,90	11,80	Soleil.	7,80	6,80	6,20	Cla
4	10,90	11,20	10,40	Soleil depuis peu.	16,10	16,20	15,90	Id.	12,70	12,70	12,40	Cou
5	10,40	10,60	10,40	Couvert.	14,30	14,30	13,40	Couv., sol. par interv.	9,80	10,40	9,60	Très-
6	14,90	15,40	12,50	Soleil sans nuages.	20,50	20,10	18,50	Soleil.	14,50	14,60	14,20	Cl
7	12,30	12,80	12,30	Couvert.	19,80	19,80	18,90	Soleil faible et vent.	18,50	13,40	12,90	I
8	11,40	11,60	10,40	Soleil.	15,30	14,60	13,30	Soleil, vent du Nord.	11,60	12,20	11,50	Pl
9	11,30	12,40	10,60	Sol. et légers nuages.	10,20	10,60	10,10	Id.	6,80	7,00	5,90	Cl
10	5,60	6,80	5,80	Pluie fine.	7,90	8,30	7,00	Couv., éclairci et sol.	4,30	4,20	4,40	I
11	6,80	7,00	5,80	Éclairci.	7,30	9,80	8,60	Couvert et éclairci.	5,90	6,00	5,50	Un peu
12	5,30	6,40	5,70	Couvert (Nord).	10,50	10,70	10,70	Id.	7,70	8,40	7,80	I
13	6,50	8,20	7,80	Pluie fine.	7,20	8,20	7,20	Pluie.	6,40	7,50	7,30	
14	10,20	10,10	9,60	Couvert.	11,00	11,60	11,00	Couvert.	6,60	7,00	6,50	
15	10,90	11,90	10,00	Soleil, vent du Nord.	12,60	13,00	12,70	Sol. faible, avec nuag.	10,10	9,80	9,50	
16	7,60	8,60	8,00	Couvert.	17,50	17,50	16,20	Soleil et nuages.	12,10	12,40	12,10	C
17	11,15	12,10	10,70	Soleil.	15,60	16,00	13,80	Soleil.	9,00	9,00	8,40	
18	7,40	8,20	7,80	Couvert.	10,40	11,10	10,60	Soleil et nuages.	6,10	6,90	6,50	Couve
19	4,80	5,70	5,00	Sol., nuages et grêle.	3,20	5,20	3,20	Id.	1,00	2,70	2,10	
20	2,30	3,60	3,20	Couvert.	6,20	7,20	7,00	Couvert.	3,30	4,40	4,00	
21	5,50	6,60	5,50	Soleil, nuages, neige.	10,00	9,40	8,70	Soleil.	3,85	5,00	4,80	Co
22	7,10	9,00	7,10	Peu couvert.	10,50	11,40	10,00	Id.	5,00	5,40	4,90	
23	7,30	9,80	8,80	Soleil et nuages.	10,40	10,60	10,70	Soleil et nuages.	7,90	8,40	7,80	
24	5,90	7,00	6,30	Pluie fine.	8,60	9,40	8,30	Pluie fine.	6,10	7,00	6,60	Couvert
25	6,20	7,20	6,50	Couvert.	7,80	8,30	7,40	Pluie.	7,20	7,40	7,20	
26	8,90	10,10	8,40	Couvert (Nord).	14,10	14,70	13,20	Soleil.	7,90	8,00	7,30	
27	6,30	7,50	6,80	Couvert.	9,10	9,80	9,00	Couvert.	6,20	6,30	6,10	
28	6,00	7,10	6,70	Id.	6,50	7,30	6,30	Pluie et tonnerre.	5,80	5,40	5,00	
29	12,60	13,20	10,80	Beau soleil.	17,10	17,50	15,60	Beau soleil.	11,30	11,80	11,20	
30	14,20	16,70	14,00	Soleil.	20,00	20,70	19,30	Soleil.	13,30	14,00	13,50	
Moyennes.	8,59	9,56	8,54		11,86	11,74	11,40		8,07	8,28	7,76	

On trouve en premier lieu, pour le mois d'avril,

Température moyenne de l'air à 16 mètres.........		9°,51
Id.	au nord à 1^m,66.............	9°,28
	Différence...	0°,23

D'un autre côté, à 9 heures du matin, la température moyenne diurne de l'air est exactement la même au nord qu'à 16 mètres au-dessus du sol; en effet :

Température moyenne au nord......................			8°,54
Id.	à 16 mètres..................		8°,59
		Différence.......	+ 0°,05
Id.	3 heures du soir, au nord......		11°,40
Id.	Id.	à 16 mètres...	11°,86
		Différence.......	+ 0°,46
Id.	9 heures du soir, au nord......		7°,76
Id.	Id.	à 16 mètres..	8°,07
		Différence en faveur du therm. au nord.	0°,31

La différence à 3 heures, qui est de 0°,46, est due en grande partie à l'influence du rayonnement solaire.

La température moyenne mensuelle à la face nord du marronnier est de 9°,86, le thermomètre qui la donne, étant abrité ainsi que l'arbre par un bâtiment voisin, il n'est pas étonnant que le chiffre soit élevé. Pendant le mois de mars, la différence entre la température moyenne à 16 mètres et celle au nord à 1^m,66 au-dessus du sol n'a été que de 0°,19, tandis qu'en avril elle s'est élevée à 0°,27. Pour interpréter ces résultats, il faut examiner, comme je l'ai fait pour les observations de mars, l'influence de l'état du ciel sur les températures.

AVRIL 1860.

CIEL COUVERT.

DATE.	9 HEURES DU MATIN. — TEMPÉRATURES		DATE.	3 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES.		DATE.	9 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES	
	therm. électrique au-dessus de l'amphith.	therm. ordin. au Nord.		therm. électrique au-dessus de l'amphith.	therm. ordin. au Nord.		therm. électrique au-dessus de l'amphith.	therm. ordin. au Nord.
5	10°4	10°4	10	7°9	7°0	2	9°5	9°1
7	12,3	12,8	11	7,3	8,6	4	12,7	12,4
11	6,8	5,8	12	10,5	10,7	11	5,9	5,6
12	5,3	5,7	14	11,0	11,0	12	7,7	7,8
14	10,2	9,6	20	6,2	7,0	13	6,4	7,3
16	7,6	8,0	27	9,1	9,0	14	6,6	6,5
18	7,4	7,8				15	10,1	9,5
20	2,3	3,2				18	6,1	6,5
22	7,1	7,1				19	1,0	2,1
25	6,2	6,5				21	3,35	4,8
26	8,9	8,4				22	5,0	4,9
27	6,3	6,8				23	7,9	7,8
28	6,0	6,7				24	6,1	6,6
Moyenn.	7,45	7,6	Moy.	8,7	8,88	Moy..	6,8	6,98
	Différence en faveur du thermom. au Nord. 0°,15			Différence en faveur du thermom. au Nord. 0°,18			Différence en faveur du thermom. au Nord. 0°,18	

AVRIL 1860.

CIEL DÉCOUVERT. SOLEIL.

DATE.	9 HEURES DU MATIN. — TEMPÉRATURES therm. électr. au-dessus de l'amphithéâtre.	9 HEURES DU MATIN. — TEMPÉRATURES thermomètre ordin. au Nord.	DATE.	3 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES therm. électr. au-dessus de l'amphithéâtre.	3 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES thermomètre ordin. au Nord.
1	11°6	12°1	1	14°2	13°4
3	8,6	8,4	3	13,3	14,8
4	10,9	10,4	4	16,1	15,9
6	14,9	12,5	6	20,5	18,5
8	11,4	10,4	8	15,3	13,3
9	11,3	10,6	17	15,0	13,8
15	10,9	10,0	21	10,0	8,7
17	11,17	10,7	22	10,5	10,0
26	8,9	8,4	26	14,1	13,2
29	12,0	10,8	29	17,1	15,6
30	14,2	14,0	30	20,0	20,7
Moyennes..	10,88	10,26	Moyennes..	15,14	16,0

CIEL CLAIR.

DATE.	9 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES therm. électr. au-dessus de l'amphith.	9 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES thermomètre ordinaire au Nord.
3	7°8	6°2
5	9,8	9,6
7	13,5	12,9
9	6,8	5,9
10	4,3	4,4
16	12,1	12,1
17	9,0	8,4
20	3,3	4,0
26	7,9	7,3
27	6,2	6,1
28	5,8	5,0
29	11,3	11,2
30	13,3	13,5
Moyennes.........	8,5	8,2

Ces résultats conduisent aux conséquences suivantes :

Lorsque le temps était couvert en avril, la différence entre les deux températures, de 9 heures du matin à 9 heures du soir, a varié dans de très-faibles limites de 0°,15 à 0°,18, variations qui peuvent être attribuées à des causes étrangères.

En prenant la moyenne de la journée, la différence a été la même.

Quand le ciel était découvert, à 9 heures du matin, le thermomètre au nord, qui est garanti du rayonnement solaire, n'a donné en moyenne que 10°,26 au lieu de 10°,88 accusés par le thermomètre électrique, dont la soudure extérieure est exposée à toute l'action de ce rayonnement : la différence est donc de 0°,62. Si le réflecteur avait de plus grandes dimensions que celles de l'appareil employé, et qu'il ne fût pas métallique, il est probable que la différence eût été moindre. A 3 heures, la différence entre les moyennes n'a été que de 0°,14. A 9 heures du soir, le ciel étant en général clair, les moyennes ont été :

A 16 mètres au-dessus du sol, 8°,5 ; au nord, 8°,2 ; différence 0°,3.

En résumant les observations de mars, avril et mai, on a :

Température	moyenne de l'air à 16 mètres en mars	7°,25
Id.	en avril	9°,51
Id.	15 premiers jours de mai	16°,71
	Moyenne	11°,15
Température	moyenne de l'air au nord à 1^m,66 en mars	7°,06
Id.	en avril	9°,28
Id.	15 premiers jours de mai	16°,31
	Moyenne	10°,88

La différence entre les températures de l'air à 16 et $1^m,66$ au-dessus du sol est de $0°,27$, laquelle est due à l'influence directe du soleil.

On voit par là que, bien que l'un des instruments soit exposé au nord, à l'ombre, et l'autre au rayonnement solaire, la différence entre les deux moyennes n'a varié que de $0°,19$ à $0°,27$; ces différences, qui sont faibles, sont dues au rayonnement solaire. Elles sont plus sensibles lorsque le soleil échauffe directement; dans ce cas on a :

En mars.................	$0°,45$
En avril................	$0°,38$

En rapprochant ces résultats de ceux que l'on a obtenus en 1858, on voit que la température prise au nord, comme on l'a fait jusqu'ici, donne assez exactement la température moyenne de l'air. Je répète encore que, si le réflecteur eût pu être en toile, on aurait écarté en grande partie les effets dus au rayonnement solaire.

La suite des observations apprendra combien en moyenne le rayonnement du soleil affecte les déterminations faites avec le thermomètre électrique.

§ II. — *De la température de l'air à la surface des arbres.*

Les météorologistes s'occupent depuis longtemps de l'influence qu'exercent sur les climats les forêts et les sols couverts de grands et de petits végétaux, tels que les pampas, les landes, les savanes. Ils admettent que les forêts agissent de trois manières : 1° en servant d'abris; 2° en modifiant plus ou moins l'état calorifique du pays; 3° en entretenant les eaux vives. Ici, il ne sera question que des modifications apportées à l'état calorifique.

Wilson est le premier qui ait observé les effets du rayonnement nocturne sur les végétaux. En plaçant la boule d'un électromètre sur l'herbe dans un pré, il trouva que la température était plus basse de plusieurs degrés que celle de l'air à 1 et 2 mètres au-dessus.

Wells fit une série d'expériences plus étendues et plus variées, en plaçant un thermomètre sur des feuilles d'arbre et les enveloppant de laine et de coton. Ces instruments, placés à peu de distance du sol, dans des temps calmes et sereins, indiquaient un abaissement de température qui allait quelquefois jusqu'à 8 degrés au-dessous de celui d'un thermomètre dépourvu d'enveloppe et suspendu à 1^{m},33 au-dessus de zéro. Cette différence diminuait quand le ciel se couvrait de nuages. Wells expliqua ces effets, en disant que les corps placés sur le sol, pendant le rayonnement nocturne, se refroidissaient suivant leur pouvoir émissif, leur conductibilité et la partie visible du ciel, d'où résultait, suivant l'état hygrométrique et la température de l'air, de la rosée en été et de la gelée blanche au printemps et en automne. C'est par suite de cette propriété que l'argent et le cuivre, qui ont un pouvoir émissif très-faible et qui sont bons conducteurs, ne se recouvrent pas de rosée.

Melloni, en étudiant les effets du rayonnement nocturne, reconnut que les indications du thermomètre soumis au rayonnement nocturne donnaient seulement les différences entre la température du réservoir et celle de l'air ou du sol, par suite d'une inégalité dans leurs pouvoirs rayonnants et émissifs. Le verre possédant un pouvoir émissif très-grand, 92°,50, celui du noir de fumée étant 100, si l'on place le réservoir d'un thermomètre dans un petit vase en argent

bien poli, ou en laiton, le thermomètre perd alors presque entièrement son pouvoir émissif, et il indique la véritable température de l'air.

L'enveloppe métallique est donc indispensable quand il s'agit de déterminer, avec une certaine exactitude, l'abaissement de température dû au rayonnement nocturne.

Il résulte encore des expériences de Melloni que les corps, tels que les plantes dans les prés, ne se refroidissent pas de 5, 6 et même de 8 degrés au-dessous de la température ambiante, comme on le pensait, ce refroidissement n'atteignant que très-rarement 3 degrés; mais que ces corps peuvent, par une série de réactions, abaisser la température de l'air jusqu'au point de rosée et atteindre 8 degrés, la différence entre leur température et celle de la couche d'air ambiante ne dépassant jamais 3 degrés, et étant le plus ordinairement de 1 à 2 degrés.

M. de Humboldt, en parlant de vastes étendues de pays couverts de grands et de petits végétaux, et des effets produits par le rayonnement nocturne, s'exprime ainsi :

Les savanes (*Asie centrale*, t. III, p. 175) s'échauffent sous l'influence solaire bien moins que les sables du désert, même lorsque les herbes sont entièrement sèches. Les plantes qui recouvrent les savanes, comme toutes les plantes, ont un pouvoir émissif très-grand, de même que les forêts. Voilà donc une cause de refroidissement sous les tropiques; mais il y a une différence avec le mode d'action des forêts : *Les arbres refroidissent les couches d'air en contact avec leurs cimes; ces couches d'air refroidies, en raison d'une densité plus forte, descendent vers le sol,* qui ne peut rayonner à cause de l'ombrage qui le garantit, tandis que les gra-

minées des savanes restent plongées dans une atmosphère humide, lorsque, à un mètre ou deux au-dessus, la température de l'air est encore de 26 à 27 degrés.

Cette cause n'est pas la seule; M. de Humboldt admet que les forêts agissent de trois manières pour refroidir la contrée: 1° elles abritent le sol contre l'irradiation solaire et maintiennent une plus grande humidité; 2° elles produisent une transpiration cutanée par les feuilles; 3° elles multiplient, par l'expansion des branches, les surfaces qui se refroidissent par rayonnement. Telles sont les idées assez généralement admises touchant l'influence qu'exercent les forêts comme causes frigorifiques.

De ces données on a conclu que le déboisement augmente la température et la sécheresse de l'air, et modifie les climats à tel point, que si les vastes déserts du Sahara venaient à être boisés ou couverts de végétaux, à la suite du soulèvement du plateau central de l'Afrique, les sables, dont la température moyenne est de 29 degrés, cesseraient de s'échauffer autant, et les courants ascensionnels d'air chaud ne se produiraient pas au même degré, et ne contribueraient pas autant, en s'abattant dans les latitudes moyennes, en donnant naissance aux vents du S.-O. chauds et humides, à adoucir le climat de la partie occidentale de l'Europe.

Cette théorie ne peut pas être admise, du moins en partie, sans preuves à l'appui.

On s'est demandé en premier lieu comment les forêts agissaient sur la température moyenne d'une contrée; M. Boussingault, pour résoudre cette question, a réuni les observations faites par lui et par MM. de Humboldt, Hale, Rivero, Roulin, etc., etc., dans les lieux boisés et non

boisés, sous la même latitude et à la même hauteur au-dessus du niveau de la mer, entre le 11me degré de latitude nord et le 5me degré de latitude sud, c'est-à-dire dans les parties des tropiques qui s'approchent le plus de l'équateur, et où le rayonnement agit puissamment pendant la nuit, pour abaisser la température du sol, sous l'influence d'un ciel sans nuages. La température moyenne dans ces lieux varie de 26°,5 à 28°,5 suivant que le pays est couvert de forêts ou dénudé et aride. Les observations ont été faites à des hauteurs où l'on retrouve tous les climats des moyennes et hautes latitudes. Mais cet état de choses s'applique-t-il à des localités boisées et non boisées, en dehors des tropiques, et dans lesquelles les intempéries des saisons donnent lieu à une température moyenne qui diffère beaucoup des moyennes estivales et hivernales? Les observations manquent dans nos climats pour répondre à cette question: il faudrait trop les multiplier pour en déduire des moyennes que l'on obtient par une seule observation, sous les tropiques, en plaçant la boule du thermomètre à 0m,37 au-dessous du sol, à l'ombre. On est porté à croire néanmoins que l'influence exercée par un sol dénudé sous les tropiques a également lieu sous les latitudes élevées, puisqu'elle se manifeste à des hauteurs où l'on rencontre les climats tempérés et polaires.

Quoi qu'il en soit, on ne sait pas encore quelle est l'influence du déboisement sur la température moyenne dans les climats tempérés. Les observations de Jefferson, faites dans la Virginie et la Pensylvanie, tendaient à démontrer que le déboisement sur une grande étendue de pays améliore la température moyenne; mais celles recueillies il y a quelques années par M. de Humboldt, sur différents points de l'Amé-

rique septentrionale, indiquent au contraire la permanence dans la température moyenne. (*Traité des climats et de l'influence qu'exercent les sols boisés ou non boisés*, p. 358, Becquerel.) Qu'en conclure, les résultats étant contraires?

M. Arago n'a pas cherché à approfondir la question, probablement parce que les documents lui manquaient pour la résoudre. Dans l'*Astronomie populaire*, t. IV, p. 619, il en parle en ces termes : « Il est certain que la neige se conserve « plus longtemps dans l'intérieur des forêts; il est facile de « trouver la raison de ce fait : dans le voisinage des forêts, « les couches d'air échauffées ne peuvent parvenir aussi vite « jusqu'à la couche neigeuse, et le rayonnement du soleil « ne peut la faire fondre rapidement; la température hiver- « nale doit donc se prolonger plus qu'en rase campagne. « Lorsque les hommes abattent les forêts, ils modifient donc « jusqu'à un certain point le climat des contrées environ- « nantes. Mais ce qui caractérise surtout l'absence des grandes « plantations d'arbres, c'est la propagation des vents. Les « forêts agissent comme abris, leur destruction ouvre une li- « bre carrière aux actions des vents chauds et des vents « froids qui viennent alors modifier la température des lieux « où elles existaient. »

Il pourrait se faire que la température moyenne restant la même, la répartition de la chaleur dans le cours de l'année fût changée, et, dans ce cas, le climat serait modifié : c'est ce que j'examinerai plus loin.

Dans le but d'aborder cette question, j'ai fait élever entre les branches d'un marronnier un mât de 21 mètres de hauteur, dans l'intérieur duquel se trouvait une portion du circuit thermo-électrique; la soudure, recouverte de son tri-

ple réflecteur, se trouvait au niveau des feuilles de la périphérie de l'arbre, de manière à donner la température de la couche d'air, en contact immédiat avec cette périphérie. La cime du marronnier est à 21 mètres au-dessus du sol, et les branches occupent un espace tel, que celles qui sont les plus longues mesurent environ 6 mètres de chaque côté du tronc; c'est un arbre de première grandeur. J'ai comparé la température de l'air entourant la partie supérieure du marronnier, avec celle de l'air à 15 mètres de hauteur et à une semblable distance de l'arbre, ainsi qu'avec la température observée au nord.

Sans rien préjuger à l'égard de l'influence exercée par le marronnier sur la température de la couche d'air qui l'enveloppe, on conçoit que le soleil, depuis son lever jusqu'à son coucher, éclaire et échauffe directement la partie de l'arbre regardant le midi, tandis que la partie opposée, qui regarde le nord, ne reçoit que les rayons directs qui ont traversé les intervalles entre les branches ou des rayons réflectés, je me suis borné à chercher la température de l'air au sommet de l'arbre, laquelle participe de l'état calorifique de toutes les parties qui rayonnent entre elles de la chaleur.

Les observations comparatives commencées le 19 avril dernier ont été continuées sans interruption chaque jour de deux heures en deux heures, et quelquefois même d'heure en heure, depuis 5 heures du matin jusqu'à 9 heures du soir, afin de mieux saisir les rapports qui lient les variations de température. Le tableau suivant contient les observations faites du 19 avril au 1er mai, avec les alternatives de pluie, de nuages et de soleil.

OBSERVATIONS D'

DATE.	MAT DE L'AMPHITHÉATRE. Soudure à 16 mètres au-dessus du sol.					
	9 HEURES du MATIN.	ÉTAT DU CIEL.	3 HEURES du SOIR.	ÉTAT DU CIEL.	9 HEURES du SOIR.	ÉTAT DU CIEL.
19	4°8	Nuages avec soleil.	3°2	Soleil et nuages.	1°0	Couvert.
20	2,3	Couvert.	6,2	Couvert.	3,3	Clair.
21	5,5	Soleil sombre.	10,0	Soleil.	4,7	Couvert.
22	7,1	Légèrement couvert.	10,5	»	5,0	»
23	7,2	Soleil et nuages.	10,4	»	7,9	»
24	5,9	Pluie fine.	8,6	Pluie.	6,1	Pluie.
25	6,2	Couvert.	7,8	»	7,2	»
26	8,9	Soleil.	14,1	Soleil.	7,9	Clair.
27	6,3	Couvert.	9,1	Couvert.	6,2	»
28	6,0	»	6,5	Pluie et tonnerre.	5,8	»
29	12,0	Soleil.	17,1	Soleil.	11,3	»
30	14,2	»	20,0	»	13,3	»
Moyennes.....	7,2		10,3		6,64	

MOYE[NNES]

Moyenne diurne de la température d[e l']air

Moyenne diurne de la température d[e l']air

Différence de température en [faveur]

…S D'AVRIL 1860.

MAT DU MARRONNIER.
Soudure à 21 mètres au-dessus du sol.

HEURES … MAT…	ÉTAT DU CIEL.	3 HEURES du SOIR.	ÉTAT DU CIEL.	9 HEURES du SOIR.	ÉTAT DU CIEL.	OBSERVATIONS.
	Soleil et nuages.	2°6	»	0°4	»	4 h. 30 du soir. Neige et grésil. Mât de l'amphithéâtre .. 2°8 Mât du marronnier..... 3,1
2	Couvert.	6,9	»	3,1	»	
4	Soleil sombre.	10,6	»	4,6	»	4 h. 20 du soir. Mât de l'amphithéâtre.. 9°3 Mât du marronnier..... 9,6
6	Légèrem. couv.	11,0	»	4,9	»	6 h. 30 du soir. Mât de l'amphithéâtre .. 2°7 Mât du marronnier..... 3,4
8	Soleil et nuages.	9,9	»	8,2	»	
5	Pluie fine.	9,1	»	6,7	»	6 h. du matin. Pluie. Mât de l'amphithéâtre .. 5°2 Mât du marronnier..... 5,1 Nord.................. 5,3
6	Couvert.	8,0	»	7,1	»	6 h. du matin. Couvert. Mât de l'amphithéâtre... 4°6 Mât du marronnier..... 4,7 Nord.................. 5,2
8	Soleil.	15,3	»	8,4	»	6 h. du matin. Couvert. Mât de l'amphithéâtre .. 6°1 Mât du marronnier..... 5,7 Nord.................. 6,0
6,	Couvert.	9,2	»	6,7	»	5 h. 45 du matin. Soleil faible. Mât de l'amphithéâtre .. 4°3 Mât du marronnier..... 4,7 Nord. 4,7
6,	»	7,7	»	6,5	»	1 h. du soir. Soleil. Mât de l'amphithéâtre .. 8°5 Mât du marronnier..... 8,8
12,	Soleil.	18,6	»	12,5	»	5 h. 30 du matin. Clair. Mât de l'amphithéâtre . 4°2 Mât du marronnier..... 4,5 Nord.................. 4,6
14,	»	20,7	»	14,8	»	5 h. 30 du matin. Clair. Mât de l'amphithéâtre .. 7°3 Mât du marronnier..... 7,1 Nord.................. 7,2
7,		10,8		6,99		

…ÉRALES

16m …u dessus du sol.. . . . . . . 8°05
21m …à la surface du marronnier. . 8,43
… l'a… du marronnier. 0,38

On déduit de ce tableau les résultats suivants :

Moyenne diurne de la température de l'air à 16^m au-dessus du sol..	8°,05
Id. à 21^m au sommet du marronnier.	8°,43
Différence.........	0°,38

La différence 0°,38 est due en totalité à l'influence directe du soleil sur l'arbre.

Les observations faites à 6 heures et $5^h\ 30^m$ et $5^h\ 45^m$ du matin ont donné les moyennes suivantes :

A 16^m..	5°,12
A $1^m,66$..	5°,20
Différence..........	0°,08

Vers le lever du soleil et peu après les températures moyennes au-dessus et loin de l'arbre sont égales.

Du 29 avril au 15 mai le temps s'est découvert, et la chaleur moyenne a beaucoup augmenté. Le tableau suivant donne les observations recueillies à 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir, et celui qui le suit les observations faites non-seulement à ces heures, mais encore à d'autres heures.

OBSERVATIONS DU MOIS DE MAI 1860.

9 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES DE L'AIR.			ÉTAT du CIEL.	9 HEURES DU MATIN. — TEMPÉRATURES DE L'AIR.			ÉTAT du CIEL.	3 HEURES DU SOIR. — TEMPÉRATURES DE L'AIR.			ÉTAT du CIEL.
électrique au mât.	Therm. ordin. à la surface du marronnier.	Thermomètre ordinaire au Nord.		Thermomètre électrique au mât.	Therm. ordin. à la surface du marronnier.	Thermomètre ordinaire au Nord.		Thermomètre électrique au mât.	Therm. ordin. à la surface du marronnier.	Thermomètre ordinaire au Nord.	
14°2	16°0	13°9	Soleil.	12°5	13°7	12°5	Pluie.	15,0	15°5	15°4	Couvert.
16,1	17,6	16,0	»	19,6	20,4	20,3	Soleil.	17,0	17,1	17,1	Clair.
13,6	15,4	13,0	»	18,0	19,8	17,4	»	13,4	14,4	13,5	»
14,4	15,5	13,8	»	21,8	21,4	19,8	»	15,3	15,4	15,0	»
16,5	18,3	16,0	»	23,6	23,6	21,6	»	14,1	14,4	13,4	»
10,5	12,3	10,4	»	17,6	18,6	15,8	»	19,9	12,2	11,4	»
15,8	16,6	13,0	»	22,5	22,8	22,1	»	14,2	15,6	15,3	Pluie.
15,4	16,2	16,2	»	17,5	18,8	17,8	Soleil et nuag.	12,6	13,6	13,0	Couvert.
15,2	16,4	16,0	Couvert.	19,2	19,0	17,4	»	15,2	15,2	14,8	Pluie.
16,5	16,3	16,4	Id.	21,5	20,8	20,0	»	18,7	18,2	17,7	Très-clair.
18,1	18,6	18,6	Soleil.	24,7	26,0	25,0	»	16,4	16,2	15,8	Clair.
17,5	17,4	17,4	Couvert.	18,7	»	18,1	Soleil et nuag.	13,8	»	13,5	»
16,2	»	17,3	Soleil.	20,0	21,2	19,8	Soleil.	16,1	16,7	16,5	Couvert.
16,1	16,8	16,8	Soleil et nuag.	21,0	24,0	20,2	»	16,0	14,8	14,6	Id.
17,3	17,4	17,7	Couvert.	14,9	16,0	15,4	Pluie.	14,0	14,4	13,2	Clair.
5,56	16,5	15,54		19,56	20,43	18,8		15,0	15,26	14,63	

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR			DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
	à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre.)	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	
29 avril.				
5h30 matin.	4°0	4°5	4°6	+ 0°5
9	12,0	13,3	10,8	1,3
10	14,2	14,8	»	0,6
12	15,2	16,0	»	0,8
1 soir.	16,1	17,7	»	1,6
2	16,6	18,0	»	1,6
3	17,1	18,4	15,6	1,5
4	16,7	18,3	»	1,8
5	16,3	18,1	»	2,0
6	15,7	17,2	»	1,5
9	11,3	12,5	11,2	1,2
11	9,4	10,3	»	0,9
Moyennes.........	13,7	14,9	10,55	1,27
30 avril.				
5h30 matin.	7,3	7,1	7,2	— 0,2
9	14,2	14,8	14,0	+ 0,6
10	16,3	17,6	»	1,3
11	17,2	18,4	»	1,4
12	17,6	19,2	»	1,6
1 soir.	18,6	19,9	»	1,3
2	18,5	20,5	»	2,0
3	19,8	20,5	19,3	0,7
4	20,0	21,3	»	1,3
5	18,0	21,0	»	2,9
6	17,4	19,3	»	1,9
7	16,6	18,3	»	1,7
8	14,7	16,7	»	2,0
9	13,3	14,8	13,5	1,5
Moyennes.........	16,39	17,81	13,50	1,42

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre.)	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
1er mai.				
6h30 matin.	7°6	8°6	8°6	1°0
9	14,2	15,1	13,9	0,9
11	16,7	17,7	»	1,0
12	17,6	19,1	»	1,5
1 soir.	15,5	17,2	»	1,7
3	13,3	14,4	12,5	1,1
4	12,8	13,8	»	1,0
5	13,4	14,8	»	1,4
7	14,9	16,4	»	1,5
9	15,0	16,6	15,4	1,6
Moyennes.........	14,10	15,37	12,6	1,27
2 mai.				
9 matin.	16,1	16,6	16,0	0,5
11	18,7	19,5	»	0,8
12	19,1	20,2	»	1,1
1 soir.	18,8	20,7	»	1,9
2	20,2	21,8	»	1,6
3	19,6	22,2	20,3	2,6
4	22,1	23,6	»	1,5
5	20,6	22,1	»	1,5
6	20,1	21,7	»	1,6
9	17,0	19,0	17,1	2,0
Moyennes.........	19,23	20,74	17,8	1,51
3 mai.				
5 30 matin.	8,7	8,8	8,8	0,1
10	14,7	15,2	»	0,5
11	15,0	15,3	»	0,3
12	16,4	17,2	15,3	0,8

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre.)	TEMPÉRATURE DE L'AIR de l'air au-dessus du marronnier.	TEMPÉRATURE DE L'AIR au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
3 mai.				
1h soir.	16°3	18°1	»	1°8
2	17,6	18,7	»	1,1
3	18,0	19,2	17°4	1,2
4	17,9	19,4	»	1,5
5	17,8	19,5	»	1,7
7	16,2	18,3	13,5	2,1
9	13,4	15,4	»	2,0
12	10,0	11,1	»	0,9
Moyennes.........	15,16	16,35	13,75	1,19
4 mai.				
5 15 matin.	7,7	7,5	7,8	— 0,2
9	14,4	14,7	13,8	+ 0,3
11	17,8	18,5	»	0,7
12 30	19,5	20,2	»	0,7
1 30 soir.	20,6	21,5	»	0,9
3	21,3	23,2	»	1,9
4	20,4	23,5	»	3,1
5	20,0	22,8	»	2,8
7	18,6	20,7	»	2,1
9	15,3	16,5	15,0	1,2
Moyennes.........	17,56	18,91	12,6	1,35
5 mai.				
5 matin.	9,5	10,2	10,0	0,7
9	16,5	16,9	16,0	0,4
11 30	22,0	23,0	»	1,0
1 30 soir.	22,0	24,7	»	2,7
3	23,6	25,2	21,6	1,6

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16^m au-dessus du sol (amphithéâtre.)	TEMPÉRATURE DE L'AIR de l'air au-dessus du marronnier.	TEMPÉRATURE DE L'AIR au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
5 mai.				
4^h soir.	21°6	24°3	»	+ 2°7
5	22,2	23,5	»	1,2
7	17,7	20,2	»	2,5
9	14,1	15,5	13°4	1,4
Moyennes.........	18,80	20,42	15,25	1,62
6 mai.				
5 matin.	5,6	5,1	5,8	— 0,5
9	10,5	10,5	10,4	0,0
11	12,4	12,8	»	+ 0,4
1 soir.	15,4	15,4	»	0,0
3	17,6	18,0	15,8	0,4
5 45	16,4	17,5	»	1,3
9	11,9	12,0	11,4	0,3
Moyennes.........	12,83	13,2	10,85	0,37
7 mai.				
5 matin.	7,6	6,8	7,8	— 0,8
9	15,8	16,3	13,7	+ 0,5
11	19,3	20,2	»	0,9
1 soir.	22,8	24,3	»	1,5
3	22,5	26,5	22,1	4,0
4	21,9	25,4	»	3,5
5	21,9	23,7	»	1,8
5 30	20,6	22,5	»	1,9
7	15,7	17,0	»	1,3
9	14,2	15,6	15,3	1,4
Moyennes.........	18,23	19,93	14,7	1 7

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre.)	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
8 mai.				
5h30 matin.	10°7	12°3	12°3	+ 1°6
9	15,4	15,5	13,7	0,1
10 45				
Après une ondée.	13,9	16,0	»	2,1
3	17,5	18,7	17,8	1,2
4 45	14,0	14,4	»	0,4
9	12,6	12,7	13,0	0,1
Moyennes.........	14,0	14,81	14,2	0,81
9 mai.				
9 matin.	15,2	15,5	»	0,3
1 soir.	18,3	19,4	»	1,1
1 30	15,2	17,5	»	2,3
2	17,0	17,1	»	0,1
3	19,2	20,8	17,4	0,8
4	19,5	19,8	»	0,3
5	19,2	20,3	»	1,1
9	15,2	15,9	»	0,7
Moyennes.........	17,35	18,3	»	0,95
10 mai.				
9 matin.	16,5	17,0	»	0,5
11 45	19,0	20,5	»	1,5
1 soir.	20,0	21,8	»	1,8
3	21,5	23,2	»	1,7
6 30	21,7	22,8	»	1,1
9	18,7	19,6	»	0,9
Moyennes.........	19,56	20,8	»	0,52

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	TEMPÉRATURE DE L'AIR de l'air au-dessus du marronnier.	TEMPÉRATURE DE L'AIR au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
11 mai.				
9h matin.	18°1	19°5	»	+ 1°4
9 30	19,5	20,3	»	0,8
10	18,0	19,8	»	1,8
12	21,7	23,4	»	1,7
1 30 soir.	24,3	21,3	»	2,0
2	24,7	26,4	»	1,7
2 45	21,0	23,9	»	1,3
5 15	19,5	21,2	»	1,7
6 45	18,2	23,0	»	2,1
9	16,4	17,8	»	1,4
Moyennes.........	20,2	21,79	»	1,59
12 mai.				
8h matin.	16,2	16,5	»	0,3
9	17,5	17,8	»	0,3
11	17,7	18,6	»	0,9
11 30	16,7	17,7	»	1,0
12	16,7	17,5	»	0,8
2 soir.	18,6	19,9	»	1,3
3	18,7	19,7	»	1,0
4	18,1	19,2	»	1,2
5	18,1	19,8	»	1,7
5 30	17,5	18,3	»	0,8
6 30	15,1	16,3	»	1,2
Moyennes.........	17,35	18,3	»	0,95
13 mai.				
6h matin.	13,0	13,1	»	0,1
9	16,2	16,5	»	0,3
11	18,5	19,4	»	0,9
12	19,5	20,1	»	0,6

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
13 mai.				
1h soir.	20°1	21°3	»	+ 1°2
2	20,0	20,9	»	0,9
3	20,0	21,6	»	1,6
4	20,8	21,7	»	0,9
5	20,5	21,5	»	1,0
7 15	17,8	19,0	»	1,2
9	16,4	17,7	»	1,3
10	15,6	15,9	»	0,3
Moyennes.........	18,2	19,5	»	1,3
14 mai.				
5h matin.	12,2	11,9	»	— 0,3
9	16,1	16,7	»	+ 0,6
10	17,8	20,3	»	2,5
11	17,0	17,8	»	0,8
12	19,2	19,9	»	0,7
2 soir.	21,1	22,9	»	1,8
3	21,9	22,9	»	1,0
4	20,7	21,9	»	1,2
5	20,0	21,4	»	1,4
6 30	19,7	20,4	»	0,7
7 30	17,7	18,7	»	1,0
9	16,0	16,7	»	0,7
Moyennes.........	18,26	19,3	»	1,04
15 mai.				
5h matin.	12,7	12,5	»	— 0,2
6	13,3	13,5	13°4	+ 0,2
9	17,3	17,3	»	0,0
3 soir.	14,8	15,1	»	0,3
9	14,0	14,4	»	0,4
Moyennes.........	14,4	14,5	»	0,1

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	TEMPÉRATURE DE L'AIR de l'air au-dessus du marronnier.	TEMPÉRATURE DE L'AIR au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
16 mai.				
5h matin.	9°1	8°7	»	— 0°4
9	17,0	17,0	16°2	0,0
3 soir.	19,8	21,5	19,6	+ 1,7
9	15,6	16,0	15,6	0,4
Moyennes.........	15,4	15,8	»	0,4
17 mai.				
9h matin.	15,1	15,8	»	0,7
1 soir.	20,6	22,2	»	1,6
3	21,6	23,3	»	1,7
8	19,0	19,15	»	0,15
9	17,8	18,5	17,2	0,7
Moyennes.........	18,8	19,78	»	0,98
18 mai.				
7h matin.	18,1	19,0	»	0,9
[illegible]	22,3	23,2	21,4	0,9
10 15	24,2	26,4	»	2,2
1 soir.	25,4	28,4	25,8	3,0
3	25,8	28,2	25,5	2,4
4	21,9	25,4	25,5	3,5
4 30	19,7	21,1	»	1,4
7	17,3	17,3	»	0,0
9	14,9	16,2	15,5	0,3
Moyennes.........	20,84	22,69	»	1,85
19 mai.				
9h matin.	12,5	12,5	13,0	0,0
3 soir.	16,9	17,9	17,6	1,0
9	13,0	12,8	13,0	— 0,2
Moyennes.........	14,1	14,4	»	+ 0,3

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	TEMPÉRATURE DE L'AIR de l'air au-dessus du marronnier.	TEMPÉRATURE DE L'AIR au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
20 mai.				
9h matin.	13°6	13°5	14°4	— 0°1
12	18,6	18,8	»	+ 0,2
1 soir.	19,1	20,0	»	0,9
2	18,3	19,3	»	1,0
3	18,8	19,8	»	1,0
9	17,4	17,4	»	0,0
Moyennes........	17,6	18,13	»	0,53
21 mai.				
9h matin.	17,4	17,4	17,0	0,0
9 15	17,8	17,8	»	0,0
10	18,9	19,0	»	+ 0,1
10 30	19,6	19,7	»	0,1
11	19,9	20,2	»	0,3
11 30	20,4	20,8	»	0,4
12	21,1	21,7	»	0,6
12 30 soir.	21,6	22,0	»	0,4
1	21,8	22,8	»	1,0
2	22,5	23,6	»	1,1
2 45	22,8	24,0	»	1,2
4	22,5	22,5	21,8	0,0
5	21,7	22,6	»	0,9
5 30	21,5	22,5	»	1,0
6 30	20,7	22,0	»	1,3
7 30	18,8	20,0	»	1,2
9	18,0	18,3	17,2	0,3
10	16,6	17,3	»	0,7
Moyennes........	20,2	20,9	18,7	0,8
22 mai.				
4h matin.	11,4	11,1	»	— 0,3
8	10,1	10,1	»	0,0

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR			DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
	à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	
22 mai.				
9h matin.	17°9	18°0	»	+ 0°1
10	19,7	20,8	»	1,1
11	21,6	23,0	»	1,4
12	22,0	24,3	»	2,3
1 soir.	23,3	25,2	»	1,9
2	23,6	26,0	»	2,4
3	23,5	26,0	»	2,5
5	24,2	25,8	»	1,6
6 30	21,5	23,1	»	1,6
9	18,1	18,8	»	0,7
Moyennes.........	20,24	21,5	»	1,26
23 mai.				
9h matin.	22,3	24,7	»	2,4
3	»	»	»	»
9 soir.	»	»	»	»
Moyennes.........	»	»	»	»
24 mai.				
9h matin.	16,0	16,6	17°0	0,6
3	18,8	18,8	»	0,0
9 soir.	16,1	16,3	»	0,2
Moyennes.........	16,97	17,23	»	0,26
25 mai.				
9h matin.	18,5	17,4	»	— 1,1
11	20,4	21,5	»	+ 1,1
12	21,9	22,0	»	0,1
3 soir.	22,7	23,0	»	0,3
4	22,3	23,6	»	0,3
4 30	22,9	24,2	»	1,3

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
25 mai.				
5 30 soir.	22°8	23°9	»	+ 1°1
7 30	19,3	19,8	»	0,5
9	19,2	19,3	»	0,1
Moyennes.........	21,0	21,85	»	0,85
26 mai.				
9h matin.	16,1	16,4	»	0,3
3	14,7	15,5	»	0,8
9 soir.	12,4	12,4	»	0,0
Moyennes........	14,4	14,77	»	0,37
27 mai.				
9h matin.	13,2	12,8	»	— 0,4
10	11,6	11,6	»	0,0
12	14,8	14,8	»	0,0
1 45 soir.	16,5	16,7	»	+ 0,2
3	15,5	15,8	»	0,3
5	14,4	14,4	»	0,0
6	14,1	14,4	»	0,3
9	11,3	11,3	»	0,0
Moyennes........	14,03	14,14	»	0,11
28 mai.				
9h matin.	14,2	14,1	»	— 0,1
10 30	14,4	13,9	»	— 0,5
12	14,3	14,5	»	+ 0,2
3 soir.	14,0	14,4	»	— 0,5
9	10,6	9,7	»	— 0,9
11 30	8,8	9,2	»	+ 0,4
Moyennes......	12,86	12,63	»	— 2,3

OBSERVATIONS HORAIRES.

HEURES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR			DIFFÉRENCE entre les deux températures des colonnes deux et trois.
	à 16m au-dessus du sol (amphithéâtre).	de l'air au-dessus du marronnier.	au Nord.	
29 mai.				
9h matin.	12°1	11°8	»	— 0°3
3	14,9	14,9	»	0,0
9 soir.	10,6	10,6	»	0,0
Moyennes.........	12,53	12,43	»	— 0,1
30 mai.				
9h matin.	9,9	9,7	»	— 0,2
3	13,3	13,6	»	+ 0,3
9 soir.	11,6	12,4	»	0,8
Moyennes.........	11,60	11,97	»	0,37
31 mai.				
9h matin.	15,6	15,9	»	0,3
3	18,0	19,0	»	1,0
9 soir.	14,5	14,5	»	0,0
Moyennes.........	16,03	16,47	»	0,44

Les moyennes des observations faites à 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir, ont donné pour la température de

L'air au-dessus du marronnier...............	16°,95
L'air à 16m..................................	16°,38
Différence..........	0°,57

Si l'on prend les moyennes horaires, on trouve que la différence entre les deux températures est égale à 1°,03 en faveur de la température de l'air au-dessus du marronnier : la différence est de 0°,46.

La plus grande différence a eu lieu de 3 à 5 heures du soir, un peu plus tôt, un peu plus tard, suivant l'état du ciel. Le maximum a été de 4° ; dans les grandes chaleurs de l'été elle sera probablement plus grande encore.

La température de l'air, toutes choses égales d'ailleurs, se maintient toujours, sous l'influence du rayonnement solaire, plus élevée au-dessus de l'arbre qu'à une certaine distance ; mais l'excès va toujours en diminuant depuis 3 à 4 heures jusque vers le lever du soleil, où il est quelquefois en sens inverse quand la journée précédente a été chaude comme celle du 7 mai, dont je rapporte les observations :

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR		DIFFÉRENCE.
	au-dessus DE L'ARBRE.	à une certaine distance au-dessus de L'AMPHITHÉATRE.	
7 mai.			
5 h. du matin.	6°8	7°6	— 0°8
9	6,3	5,8	+ 0,5
11	20,2	19,3	0,9
1 du soir.	24,3	22,8	1,5
3	26,5	22,5	4,0
4	25,4	21,9	3,5
5	24,7	20,6	3,1
5 30	22,5	15,7	6,8
7	15,7	14,2	1,5
9	14,2	10,7	3,5
Moyennes...........	18,66	16,14	2,52
8 mai. 5 h. 30 du matin.	11,4	10,7	0,7

On voit que les effets résultant de l'échauffement de l'arbre pendant la journée du 7 mai, dont la température a été de 17°, se faisaient encore sentir le lendemain matin à $5^h\,30^m$. En moyenne, pendant la première quinzaine de mai, la température moyenne de l'air au-dessus de l'arbre, et celle de l'air à la même hauteur, à une certaine distance, ont été exactement les mêmes les jours où le soleil n'a pas paru. Les variations de température se sont fait également sentir, mais elles ont eu moins d'étendue. Ainsi, dans la journée du 9, où le soleil ne s'est montré qu'à de très-rares intervalles de temps, le ciel étant resté couvert pendant presque toute la journée, on a eu :

HEURE.	ÉTAT du CIEL.	TEMPÉRATURE au-dessus DU MARRONNIER.	TEMPÉRATURE à une CERTAINE DISTANCE.
9 h. du matin.	Couvert.	15°5	15°2
1 du soir.	Id.	19,4	18,3
1 30	Pluie.	17,5	16,2
2	Soleil.	17,1	17,0
3	Couvert.	20,8	19,2
4	Pluie.	19,8	19,5
5	Couvert.	20,3	19,2
9	Id.	15,9	15,2
Moyennes..........		18,3	17.47
	Différence..............	0°,83	

Quoique le rayonnement solaire ait été de très-courte durée, néanmoins la température de l'air au-dessus de l'arbre a été ce jour-là de 0°,83 plus élevée que celle de l'air à l'autre station.

On a vu précédemment que le matin, peu après le lever du soleil, la température était à peu près la même aux deux stations; si l'on cherche effectivement les moyennes des températures observées à chacune des stations du 1er au 15 mai, on trouve deux nombres parfaitement égaux. Toutes les fois que le ciel a été très-clair pendant la nuit, vers le lever du soleil, comme on peut le voir dans les tableaux précédents, la température de l'air au-dessus du marronnier est de plusieurs dixièmes de degré, et quelquefois de 0°,4 et de 0°,5 au-dessous de celle de l'air au delà, à la même hauteur.

Il y a un moyen très-simple de montrer que les différences que je viens de signaler ne tiennent pas à des inégalités dans la marche des deux instruments. On a formé à cet effet le tableau suivant, dans lequel on a placé dans deux colonnes contiguës les observations de température faites aux deux stations et choisies de telle sorte que dans la première se trouvent les températures de 15 à 16°, à 16 mètres au-dessus du sol, et dans la seconde les températures correspondantes de l'air au-dessus du marronnier.

DATE.	HEURE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR variant de 11° à 16° — au mât de l'amphith.	au mât du marronn.	HEURE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR variant de 15° à 16° — au mât de l'amphith.	au mât du marronn.	HEURE.	TEMPÉRATURE D[E L'AIR] variant de 16° [...] — au mât de l'amphith.
AVRIL. 29	9 h. M.	12°0	13°3	Midi.	15°2	16°0	1 h. S.	16°1
	10	14,2	14,8				2	16,6
	9 S.	11,3	12,5				4	16,7
							5	16,3
30	8 h. S.	13,7	16,7	»	»	»	9 h. M.	16,3
	9	13,3	14,8				7 S.	16,6
MAI. 1er	9 h. M.	14,2	15,1	1 h. S.	15,5	17,52	11 h. M.	16,7
	3 S.	13,3	14,4					
	4	12,8	13,8					
	5	13,4	14,8					
	7	14,9	16,4					
2	»	»	»	»	»	»	9 h. M.	16,1
3	9 h. S.	13,4	15,4	11 h. M.	16,0	15,3	Midi.	16,4
							1 h. S.	16,1
							7	16,2
4	9 h. M.	14,4	14,7	»	»	»	»	»
5	9 h. S.	14,1	15,1	»	»	»	9 h. M.	16,5
6	11 h. M.	12,4	12,8	1 h. S.	15,4	15,4	5 h. 45 S.	16,4
	9 S.	11,9	12,0					
7	9 h. S.	14,2	15,6	7 h. S.	15,7	17,0	»	»

DE L'AIR ...e 17° à 18°	HEURE.	TEMP. DE L'AIR variant de 18° à 19°		HEURE.	TEMP. DE L'AIR variant de 19° à 21°		HEURE.	TEMP. DE L'AIR variant de 21° à 25°	
au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.
18°6	»	»	»	»	»	»	»	»	»
19,4 19,5	1 h. S. 2 5	18°8 18,7 18,3	20°1 20,7 21,0	3 h. S. 4	20°0 20,2	20°7 21,5	»	»	»
19,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
19,0	11 h. M. 1 S. 3	18,7 18,8 18,0	19,5 20,7 19,2	Midi. 2 h. S. [illegible] 5 6	19,0 20,2 19,6 20,6 20,1	20,2 21,8 22,2 22,1 21,7	4 h. S.	22°1	23°6
18,7 19,4 19,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»
18,5	»	»	»	Midi. 1 h. 30 S. 4 5	19,5 20,6 20,4 20,0	20,2 21,1 23,5 22,8	3 h. S.	21,3	23,2
20,2	»	»	»	»	»	»	11 h. 30 M. 1 30 S. 3 4 [illegible]	22,0 22,0 23,6 21,6 22,2	23,0 24,7 25,2 24,3 23,5
18,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	11 h. M. 5 30 S.	19,3 20,6	20,2 22,0	1 h. S. 3 4 5	22,8 22,5 21,9 21,9	24,3 26,5 25,4 23,7

DATE.	HEURE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR variant de 11° à 15°		HEURE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR variant de 15° à 16°		HEURE.	TEMPÉRATURE [D…] variant de 16°
		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.		au mât de l'amphith.
MAI. 8	4 h. 45 S. 9	14°0 12,6	14°4 12,7	9 h. S.	15°4	15°5	»	»
9	»	»	»	9 h. M. 9 S.	15,2 15,2	15,5 15,9	»	»
10	»	»	»	»	»	»	9 h. M.	16,5
11	»	»	»	»	»	»	»	»
12	»	»	»	6 h. 30 S.	15,1	16,1	8 h. M. 11 30	16,2 16,7
13	5 h. M.	13,0	13,1	10 h. S.	15,6	15,9	9 h. M. 9 S.	16,2 16,7
14	5 h. M.	12,2	11,9	»	»	»	9 h. M. 9 S.	16,1 16,0
15	5 h. M. 6 3 S. 9	12,7 13,3 14,8 14,0	12,5 13,5 15,1 14,4	»	»	»	»	»
Moyennes..	»	»	»	»	»	»	»	»

DE L'AIR 17° à 18°	HEURE.	TEMP. DE L'AIR variant de 18° à 19°		HEURE.	TEMP. DE L'AIR variant de 19° à 21°		HEURE.	TEMP. DE L'AIR variant de 21° à 25°	
au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.		au mât de l'amphith.	au mât du marronn.
18°7	»	»	»	»	»	»	»	»	»
17,1	1 h. S.	18°3	19°4	3 h. S. 5	19°2 19,2	20°8 20,3	»	»	»
»	9 h. S.	18,7	19,6	11 h. 45 M. 1 S.	19,0 20,0	20,15 20,8	3 h. S. 6 30	21°5 21,7	23°2 22,8
»	10 h. M. 6 45 S.	13,0 18,2	19,8 20,3	9 h. M. 5 15 S.	19,5 19,5	20,3 21,2	Midi. 1 h. 15 3 4 45	21,7 24,3 24,7 21,6	23,4 26,3 26,4 22,9
17,8 18,6 18,3	2 h. S. 3 4 5	18,6 18,7 18,1 18,1	19,9 19,7 19,7 19,8	»	»	»	»	»	»
19,0	»	»	»	Midi. 1 h. S. 2 3 4 5	19,6 20,1 20,0 20,0 20,8 20,5	20,1 21,3 20,9 21,6 21,7 21,5	»	»	»
20,3 17,8	»	»	»	Midi. 4 h. S. 6 6 30	19,2 20,7 20,0 19,7	19,9 21,9 21,4 20,4	»	»	»
17,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

On tire de ces observations les conséquences suivantes. Le 8 mai à 9 heures du matin :

A 16m au-dessus du sol	15°,4
Au-dessus du marronnier	15°,5
Différence	0°,1

tandis que le 1er mai, à 1 heure, on a eu

A 16m	15°,50
Au-dessus du marronnier	17°,50
Différence	2°,00

Autre exemple : 13 mai, 10 heures du soir :

A 16m	15°,60
Au sommet du marronnier	15°,90
Différence	0°,30

7 mai, 7 heures du soir :

A 16m	15°,70
Au sommet du marronnier	17°,00
Différence	3°,10

On peut voir, dans le tableau précédent, d'autres exemples qui démontrent que les indications des deux instruments ne se correspondent pas, ou du moins rarement, ce qui indique qu'ils sont placés rarement dans les mêmes conditions atmosphériques, quoique à peu de distance l'un de l'autre, seulement l'un est à l'air libre, l'autre au-dessus d'un arbre. Ainsi, si les 6 et 8 mai les deux instruments ont donné 15°,4 et 15°,4, 15°,4 et 15°,5, le 1er mai on a eu 15°,5 et 17°,52. Pareillement si l'on a eu le 6 mai à 5 heures $\frac{3}{4}$ du soir et le 13 à 9 heures du soir 16°,4 et 17°,17 ; les 30 avril, à 7 heures du soir et 1er mai, à midi, on a eu 16°,3 et 18°,1, 16°,4 et 17°,2. La discordance est d'autant plus grande que

la température est plus élevée. Les faits que je viens d'exposer tendent donc à prouver que la température de l'air au-dessus du marronnier dépend principalement de l'état calorifique des feuilles et de celui des branches, lesquelles échauffent plus ou moins l'air ambiant, selon qu'elles ont été exposées plus ou moins longtemps au rayonnement solaire.

Il faut donc qu'un arbre, tronc, branches et feuilles, comme tout corps plongé dans l'air, s'échauffe et se refroidisse, selon que le soleil est au-dessus ou au-dessous de l'horizon : en premier lieu il s'échauffe par l'effet du rayonnement solaire direct ; en second lieu il se refroidit par celui du rayonnement nocturne, et cela jusqu'à ce que cet arbre se soit mis en équilibre de température avec le milieu ambiant. Au fur et à mesure que les branches et les feuilles supérieures se refroidissent, celles qui sont au-dessous leur cèdent successivement de la chaleur; on conçoit ainsi comment il se fait que les couches d'air qui enveloppent l'arbre conservent pendant une grande partie de la nuit une température supérieure à celle des couches d'air qui en sont éloignées.

Un arbre qui a été échauffé par l'effet du rayonnement solaire agit tellement comme corps échauffant l'air, que lorsqu'il vient à pleuvoir subitement, la température de l'air s'abaisse davantage loin de l'arbre qu'à la périphérie. J'en citerai un exemple : le 9 mai, à 1 heure, après une forte insolation, on a eu

Température au-dessus du marronnier..........	19°,4
Id. à une certaine distance............	18°,3
Différence.........	1°,1

Une demi-heure après, une forte pluie est survenue, et les températures ont changé :

Température au-dessus du marronnier.	17°,5
Id. au delà.	15°,2
Différence.	2°,3

Dans l'intervalle d'une demi-heure, l'air qui entoure l'arbre s'est donc refroidi de 1°,1 seulement, tandis que celui qui en était un peu éloigné, de 2°,3. Il faut, par conséquent, que l'arbre ait rayonné de la chaleur pour réchauffer l'air ambiant.

Le soleil ayant reparu quelques instants après, la température s'est élevée aux deux stations, mais un peu moins au-dessus du marronnier qu'à une certaine distance. Ces températures, à 3 heures, étaient comme il suit :

Au-dessus de l'arbre.	20°,8
A une certaine distance.	19°,2
Différence.	1,°6

Les observations dont je viens de rendre compte ont été faites avec chacun des deux circuits pris isolément ; mais on peut n'opérer qu'avec un seul ; il suffit pour cela de réunir les deux, en opposant les deux courants l'un à l'autre, plaçant les deux soudures intérieures chacune dans un tube rempli de mercure, et les deux tubes plongeant dans un vase rempli d'eau, afin de les maintenir à la même température ; dans ce cas, le courant thermo-électrique est dû à la différence de température des deux soudures extérieures. On détermine cette différence au moyen de la méthode des compensations, en opérant comme il suit : On maintient l'une des soudures intérieures à la température ambiante, et l'on échauffe ou l'on refroidit l'autre, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée soit revenue à zéro. A ce moment la différence entre la température ambiante et celle qui a établi la compensation donne la température cherchée.

Cette méthode permet de suivre de l'œil la différence entre les températures et de saisir l'instant des maxima. Elle permet également de voir les changements qui ont lieu quand une ondée arrive subitement au moment d'un orage et que le soleil se montre ensuite.

Le double circuit ne remplit parfaitement son but qu'autant que les deux circuits simples sont parfaitement identiques; sans quoi il en résulte des anomalies résultant des différences qui ont lieu dans les actions thermo-électriques.

Avec le thermomètre électrique, il est possible d'étudier une foule de questions relatives à la température atmosphérique, qui ne l'étaient que très-difficilement avec le thermomètre ordinaire.

Les observations faites avec le thermomètre électrique sur la température de l'air au-dessus des arbres et à une certaine distance, à la même hauteur, avaient besoin d'un contrôle indispensable pour lever tous les doutes que l'on pouvait avoir sur l'exactitude des résultats. Ce contrôle n'était pas sans quelques difficultés. Il n'était pas possible de placer un thermomètre ordinaire à côté de chacune des soudures extérieures des deux thermomètres électriques, puisqu'on n'aurait pu lire les indications, mais on a pensé que l'on arriverait au but avec des thermomètres à maxima à index fixe. On a hissé à l'aide de poulies et d'une corde au bout de chacun des deux mâts un thermomètre à maxima, renfermé dans une boîte de fer-blanc fermée avec un couvercle également en fer-blanc, et maintenue constamment dans une position horizontale, afin que la colonne de mercure ne se rompe pas. Quand on veut observer, on descend lentement la boîte pour lire les indications sur le ther-

momètre en le maintenant sans secousse, verticalement.

Lorsque le ciel est pur, la température de l'air est croissante après le lever du soleil, jusqu'à 2 ou 3 heures de l'après-midi, suivant la saison, mais surtout depuis 10 heures; si donc, dans cet intervalle de temps, on observe simultanément la température avec le thermomètre électrique et le thermomètre à maxima, on doit avoir des valeurs ne présentant pas de grandes différences. Les deux instruments ont une marche uniforme, puisque l'un et l'autre suivent le mouvement ascendant de la température ; l'expérience a confirmé cette coïncidence. Les observations suivantes ne laissent aucun doute à cet égard.

Le thermomètre à maxima a été placé à côté de la soudure du thermomètre électrique fonctionnant au-dessus de l'amphithéâtre.

JOURNÉE DU 18 MAI.

HEURE.	THERMOMÈTRE électrique.	THERMOMÈTRE à maxima.
Midi.	25°5	25°0
3 h. du soir.	25,8	26,0
4 h. 30	19,7	19,3
Moyennes................	23,67	23,6

Les deux moyennes sont évidemment égales : j'ai voulu savoir ensuite jusqu'à quel point les thermomètres électriques placés au-dessus de l'amphithéâtre et de l'arbre marchaient d'accord avec les deux thermomètres à maxima, contigus aux soudures extérieures. On trouvera dans le tableau suivant les observations recueillies les 22 et 23 mai.

22 MAI.

HEURE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR AU-DESSUS		DIFFÉRENCE.	TEMPÉRAT. de l'air AU NORD.	TEMP. MAXIMUM DE L'AIR AU-DESSUS		ÉTAT du CIEL.
	de l'amphith.	du marronn.			de l'amphith.	du marronn.	
4h M.	11°4	11°1	— 0°3	»	»	»	»
8	16,1	16,1	0,0	»	»	»	Soleil.
9	17,9	18,0	+ 0,1	16°4	»	»	Id.
10	19,7	20,8	1,1	»	»	»	Id.
11	21,6	23,0	1,4	»	»	»	Id.
12	22,0	24,3	2,3	»	22°0	22°0	Id.
1 S.	23,3	25,2	1,9	»	23,4	25,1	Id.
2	23,6	26,0	2,4	»	23,8	25,9	Id.
3	23,5	26,0	2,5	22,6	24,8	25,3	Id.
5	24,2	25,9	1,7	»	23,8	25,0	Id.
6 30	21,5	23,1	1,6	»	»	»	Id.
9	18,1	18,8	0,7	15,8	23,8	26,0	Clair.
Moyennes.	20,24	21,5	1,26	»	23,6	24,73	

23 MAI.

HEURE.	de l'amphith.	du marronn.	DIFFÉRENCE.	TEMPÉRAT. de l'air AU NORD.	Max. de l'amphith.	Max. du marronn.	ÉTAT du CIEL.
4h M.	11°8	12°5	+ 0°7	10°7	»	»	Clair.
8	20,9	21,2	0,3	»	»	»	Soleil.
9	23,2	24,7	1,5	20,9	23°4	24°5	Id.
12	25,4	26,2	0,8	»	»	»	Id.
12 30	25,4	27,9	2,5	»	28,0	29,5	Id.
2	26,3	27,6	»	»	26,0	28,2	Id.
3	23,8	26,7	»	25,0	27,8	29,5	Id.
7	21,9	23,1	»	»	23,1	23,5	Id.
9	20,1	21,0	»	19,7	21,9	22,4	Couvert.
Moyennes.	23,45	25,16	»	»	25,0	26,26	

Différence entre les résultats obtenus avec le thermomètre électrique.......... 1°71

Différence entre les résultats obtenus avec le thermomètre à maxima.......... 1,26

On voit que dans les journées du 22 et du 23 mai les indications du thermomètre à maxima ont été supérieures, comme celles du thermomètre électrique correspondant, à celles des deux semblables instruments placés au-dessus du marronnier. En moyenne, dans la journée du 22, les thermomètres à maxima ont donné, pour la température de l'air :

Au-dessus de l'arbre	24°,73
Au-dessus de l'amphithéâtre	23°,60
Différence	1°,13

La différence des observations faites avec le thermomètre électrique a été de 1°,26.

Dans la journée du 23, les observations faites avec le thermomètre électrique inspirent donc toute confiance.

Il est bien prouvé maintenant que les arbres exposés au rayonnement solaire et céleste échauffent ou refroidissent les couches d'air contiguës, faculté qu'on ne leur supposait pas, parce que l'on croyait au contraire que l'évaporation qui a lieu par les feuilles était toujours une cause de refroidissement.

Les bois, les forêts et les groupes d'arbres doivent se comporter comme le marronnier sujet de nos expériences; seulement les effets de chaleur que j'ai fait connaître doivent varier suivant la hauteur des arbres, l'étendue de leurs branches et la masse des feuilles dont elles sont chargées. Quelle conséquence en tirer relativement à l'influence qu'exercent les forêts sur le climat local? Il est difficile de se prononcer encore sur ce point, attendu que le fait que je viens de faire connaître n'est pas le seul

à prendre en considération : il faut avoir égard encore à la nature du sol, selon qu'il est sec ou humide ; à la facilité plus ou moins grande avec laquelle circule l'air ; à l'exposition, et à d'autres causes encore dont je n'ai pas à m'occuper. Mais de ce que les bois, sous l'influence du rayonnement solaire, échauffent la température de l'air ambiant, doit-on en conclure que cet air échauffé tend à augmenter la température moyenne du lieu? On ne saurait le dire; la couche d'air qui est échauffée donne lieu, même pendant la nuit, à un double courant, un courant d'air chaud supérieur, un courant d'air froid inférieur, qui descend vers le sol. L'air chaud supérieur étant chassé par des courants latéraux peut améliorer leur température.

Sous les tropiques, et particulièrement sous l'équateur, où les rayons solaires agissent avec d'autant plus de force qu'ils sont moins inclinés, les arbres doivent produire à un degré élevé les effets dont je viens de parler, effets dont la contrée doit se ressentir. Le rayonnement nocturne, qui est si grand à raison d'un ciel presque toujours sans nuages, doit agir puissamment pour hâter le refroidissement.

En terminant je rapporterai un fait de culture qui se rattache jusqu'à un certain point à la chaleur que peuvent émettre les bois quand, servant d'abris, ils ont été échauffés par le rayonnement solaire. Tout le monde sait que pendant les chaleurs de l'été, au milieu du jour, on est accablé par une chaleur étouffante dans les bois. On avait attribué cet effet à l'absence de courants d'air; mais on n'avait pas pensé que les feuilles et les branches des arbres, en s'échauffant, devenaient elles-mêmes un foyer de chaleur. Cet état calorifique des bois n'est pas proba-

blement sans quelque importance sur les cultures voisines, en se plaçant dans les conditions que je vais indiquer. Il y a huit ans environ j'eus l'idée d'acclimater différents cépages dans une localité du département du Loiret, à 140 kilomètres au sud de Paris, où l'on n'a jamais cultivé la vigne ni pour le vin ni pour la table. Le sol en est silicéo-argileux, le sous-sol argileux et le pays est très-boisé; la contrée est réputée froide et humide, quoiqu'il n'y ait ni étangs ni flaques d'eau, si ce n'est des mares pour l'abreuvage du bétail, mares qui tarissent ordinairement dans les étés qui ne sont pas pluvieux. Ces particularités n'ont pas été sans quelque influence sur la résolution que j'avais prise de faire dans cette localité des essais de culture de cépages des principaux vignobles de France. Parmi ces cépages, qui ont bien réussi, je citerai le pulsard ou plusard, cultivé de préférence dans le Jura, et qui produit les vins de Château-Châlons, d'Arbois, des Arsures et les excellents vins champanisés de Salins. Ce cépage, qui est hâtif, est très-sensible aux intempéries du printemps, même dans le Jura. M. le comte Odard déclare dans son *Ampélographie* qu'il ne réussit guère que dans son pays originel, les essais qui ont été faits dans le midi n'ayant pas été plus heureux que ceux qu'il a tentés lui-même en Touraine.

Comment se fait-il que dans la localité où je le cultive le fruit arrive à maturité et donne un très-bon vin, et cela, je le répète, dans une localité où l'on n'a jamais songé à planter de la vigne? En voici les motifs : ce cépage est cultivé, non dans les marnes irisées comme dans le Jura, mais dans une terre argileuse à laquelle on a ajouté de la marne, qui remplace le calcaire des marnes irisées. En hiver et au prin-

temps le climat étant humide, la végétation ne s'y développe qu'une quinzaine de jours après celle des communes voisines ; les bourgeons de la vigne échappent ainsi aux gelées tardives qui détruisent les espérances de récolte. Les intempéries atmosphériques du printemps une fois passées, les ceps, qui sont exposés en plein midi et au rayonnement calorifique d'un bois d'une assez grande étendue, et qui n'en est éloigné que de 200 mètres au plus, poussent avec vigueur ; le raisin est bien nourri et arrive à une bonne maturité. Cet exemple est de nature, je pense, à montrer qu'un bois placé dans les conditions que je viens d'indiquer n'est pas de nature à empêcher la culture de la vigne ou celle d'autres plantes ; elle peut même, dans certaines circonstances, principalement en été, favoriser l'une et l'autre.

CONCLUSIONS.

Les observations recueillies jusqu'ici sur la température des végétaux conduisent aux conséquences suivantes :

1° La température moyenne annuelle des végétaux est la même que celle de l'air ; les deux courbes de température ont les mêmes allures quoique ne coïncidant pas ensemble, attendu que les végétaux ne participent aux variations diurnes de la température de l'air qu'en raison de leur diamètre. L'air est donc la source principale de la chaleur végétale.

2° Le maximum de température dans l'air a lieu en hiver vers deux heures du soir, et en été vers trois heures ; dans les végétaux, ces heures sont retardées, suivant leur grosseur ; dans des arbres de trois ou quatre décimètres de diamètre, le maximum se montre en hiver vers neuf heures du soir, et en été vers minuit.

3° Lorsque la température s'abaisse dans l'air au-dessous de zéro, les végétaux résistent plus ou moins de temps au refroidissement, ainsi qu'à l'échauffement qui suit le dégel, sans que l'on puisse attribuer cet effet à la mauvaise conductibilité du bois.

Lorsque le froid dure pendant plusieurs mois, comme dans le nord de l'Europe, la température s'abaisse successivement dans l'arbre, mais jamais autant que dans l'air. Il y a une différence de un demi-degré à un degré.

4° La température des végétaux, qui est presque toute d'emprunt, paraît néanmoins être influencée par la chaleur dégagée dans les réactions chimiques qui ont lieu dans les tissus, et par la température des parties du sol où leurs racines puisent les liquides qui doivent constituer plus tard la séve, sans que l'on sache encore comment en hiver, lorsque le mouvement ascensionnel de la séve est presque suspendu, la température des parties inférieures du sol puisse intervenir pour diminuer le refroidissement, quand la température extérieure est au-dessous de zéro. Telles sont les conséquences que j'ai déduites des observations faites jusqu'ici sur la température des végétaux ; conséquences qui mettent en évidence les causes principales auxquelles il faut rapporter leur état calorifique.

5° Les arbres exposés au rayonnement solaire durant le jour et au rayonnement céleste pendant la nuit échauffent et refroidissent les couches d'air avec lesquelles ils sont en contact ; ils les échauffent le jour et une grande partie de la nuit, et les refroidissent quand les feuilles ont pris la température

de l'air et que le soleil ne paraît pas encore; mais ce refroidissement est peu considérable sous nos latitudes, du moins pendant le printemps, époque où les observations ont été faites.

Les bois et les forêts agissent probablement de la même manière; mais les effets peuvent varier suivant diverses causes, et ils se comportent comme foyers de chaleur lorsque les arbres reçoivent l'action directe du soleil, principalement de mai en octobre.

MÉMOIRE

SUR LA MÉTHODE DES

MAXIMA ET MINIMA DE FERMAT

ET SUR LES MÉTHODES DES

TANGENTES DE FERMAT ET DESCARTES

PAR M. DUHAMEL.

PREMIÈRE PARTIE.

MÉTHODE DE FERMAT POUR LA DÉTERMINATION DES MAXIMA ET MINIMA.

(1) Lorsque la géométrie de Descartes parut, Fermat, étonné de n'y pas voir spécialement traitées les questions de maximum et de minimum, fit connaître à cet effet une règle qu'il ne démontra pas, et sur laquelle il fondait d'autres règles pour la détermination des tangentes et des centres de gravité. Elle peut être énoncée de la manière suivante, en

employant, pour plus de clarté, le langage et les notations actuellement en usage:

Soit désignée par $F(x)$ l'expression algébrique d'une quantité variable, dépendante d'une quantité indéterminée x et de quantités constantes données. Pour trouver les valeurs particulières de x qui donnent à $F(x)$ des valeurs maxima et minima, il faut changer x en $x + e$ et égaler les deux valeurs de l'expression désignée par F, qui correspondent à ces deux valeurs de l'indéterminée arbitraire, c'est-à-dire poser l'équation

$$F(x) = F(x + e). \tag{1}$$

En retranchant les parties communes aux deux membres, il ne restera que des termes affectés de la première puissance ou de puissances supérieures de e; on divisera par la puissance de e qui sera commune à tous les termes, et l'on obtiendra ainsi des termes débarrassés de la quantité e, qui pourra rester encore dans certains autres à diverses puissances. On supprimera ensuite tous ces derniers, et on ne conservera dans l'équation que les termes qui ne renferment plus e. Les valeurs de x tirées de cette équation seront celles qui correspondront tant aux valeurs maxima qu'aux valeurs minima de $F(x)$; mais la règle ne donne aucun moyen de les distinguer les unes des autres.

(2) Si les opérations indiquées dans l'expression algébrique que nous désignons par $F(x)$ ne peuvent s'exécuter dans $F(x + e)$, de manière à obtenir des termes indépendants de e, et d'autres affectés de puissances de e, on commencera par modifier la forme de l'équation (1), de telle sorte que la quantité e ne se trouve ni dans les dénominateurs ni sous des radicaux. Les opérations pourront alors s'effectuer dans

les deux membres, qui se composeront l'un et l'autre de termes indépendants de e et de termes affectés de diverses puissances de e. On suivra alors la règle indiquée ci-dessus : on supprimera les termes communs; on divisera ensuite par la puissance de e la plus élevée qui sera commune à tous les termes, puis on supprimera tous ceux où restera encore e; l'équation ainsi réduite sera celle qui donnera les valeurs de x correspondantes au maximum ou au minimum.

Remarque. On voit que le procédé de Fermat le conduit à la même règle que celui des modernes. Il revient, en effet, à égaler à zéro le coefficient de la première puissance de e dans le développement de $F(x+e)$. Mais, s'il y a des dénominateurs ou des radicaux, Fermat étant obligé de les faire disparaître, les deux procédés ne conduisent plus alors à une même règle.

Principe de cette méthode.

(3) Fermat n'ayant pas donné la démonstration de sa règle, diverses conjectures ont été faites sur le principe qui lui servait de base. Essayons de fixer l'opinion sur ce point.

Une remarque importante à faire d'abord, c'est qu'il déclare expressément que les deux membres de l'équation (1) ne sont réellement pas égaux. Il les considère, dit-il, « tanquam essent æqualia, licet reverà æqualia non sint, et hujusmodi comparationem vocavi adæqualitatem..... »

Il est nécessaire encore de se rappeler un passage de la *Nova stereometria doliorum* de Képler, imprimée en 1615, c'est-à-dire plus de vingt ans avant la publication de la méthode de Fermat. Ce passage se rapporte aux valeurs voi-

sines, de part et d'autre d'une valeur maximum; il est ainsi conçu :

« Circà maximum verò utrinque circumstantes decre-
« menta habent initio insensilia. » (II pars, theorema V, corollarium II.)

Il me paraît évident, par ce rapprochement, que Fermat est parti de cette idée de Képler, admise comme générale sans démonstration, que si, pour une certaine valeur x, $F(x)$ est maximum, et que l'on considère des valeurs très-voisines $x \pm e$, le décroissement correspondant de $F(x)$ sera incomparablement plus petit que l'accroissement $\pm e$ de x; en d'autres termes, que la différence entre $F(x)$ et $F(x \pm e)$ est infiniment petite par rapport à e, qui est supposé lui-même infiniment petit. Mais comme cependant elle n'est pas nulle, il prévient expressément qu'il entend que l'équation

$$(2) \qquad F(x+e) - F(x) = 0 \qquad \text{ou} \quad F(x+e) = F(x)$$

n'est pas rigoureusement exacte.

Après la suppression des termes qui se détruisent, l'équation (2) peut s'écrire ainsi :

$$Ae + Be^2 + Ce^3 + \ldots\ldots = 0,$$

A, B, C, étant des expressions de forme connue, renfermant x, mais indépendantes de e. D'après ce qui a été dit, le premier nombre doit avoir avec e un rapport infiniment petit. Le divisant par e, le quotient,

$$A + Be + Ce^2 + \ldots\ldots$$

doit donc être infiniment petit, ce qui ne serait pas si A n'était pas zéro. Les valeurs d'x correspondantes à un maximum ou un minimum doivent donc satisfaire à la condition $A = 0$.

Si l'équation (2) renfermait des diviseurs dépendant de x ou de e, on les ferait disparaître par des multiplications qui ne changeraient pas l'ordre de grandeur des deux membres ainsi que de leur différence, pourvu que ces diviseurs fussent des quantités finies. On rentrerait ainsi dans le premier cas, et l'on parviendrait de la même manière à l'équation qui déterminerait les valeurs cherchées de x. S'il y avait des radicaux, on les ferait disparaître par des élévations de puissance, afin de mettre en évidence les termes indépendants de e, qui se détruisent de part et d'autre.

Nous allons donner quelques exemples de ces divers cas :

« 1° Partager un nombre donné a en deux parties telles « que la somme des quotients de chacune d'elles par l'autre « soit maximum ou minimum. »

En désignant une des parties par x, la somme des quotients dont il s'agit aura pour expression

$$\frac{x}{a-x}+\frac{a-x}{x};$$

ce sera la forme particulière de $F(x)$ dans cet exemple. L'équation (1) deviendra

$$\frac{x}{a-x}+\frac{a-x}{x}=\frac{x+e}{a-x-e}+\frac{a-x-e}{x+e}:$$

les deux membres ne devant différer que d'une quantité infiniment petite par rapport à e, il en sera encore ainsi si on les multiplie par une même quantité finie, par exemple par les dénominateurs. Chassant donc ces dénominateurs et retranchant les termes communs aux deux membres, on trouvera :

$$(a-2x)e-e^2=0,$$

ou, en divisant par e,

$$a - 2x - e = 0$$

et supprimant les termes qui renferment encore e,

$$a - 2x = 0.$$

C'est là l'équation qui, d'après la règle de Fermat, doit donner la valeur de x correspondante au maximum ou au minimum. Mais cette règle ne donne pas le moyen de reconnaître si la valeur $\frac{a}{2}$ qu'on trouve pour x répond au maximum ou au minimum.

« 2° Partager a en deux parties telles que la somme de « leurs racines carrées soit maximum ou minimum. »

On est conduit dans ce cas à l'équation $\sqrt{x} + \sqrt{a - x} = \sqrt{x + e} + \sqrt{a - x - e}$, d'où en élevant au carré, $a + 2\sqrt{x(a - x)} = a + 2\sqrt{(x + e)(a - x - e)}$; et la différence de ces deux membres est du même ordre de grandeur que dans la première équation. Réduisant et élevant au carré, on obtient $x(a - x) = (x + e)(a - x - e)$, ou $e(a - 2x) - e^2 = 0$. Divisant par e, et faisant $e = 0$, on trouve $a - 2x = 0$, d'où $x = \frac{a}{2}$.

(4) L'explication que nous venons de donner du procédé de Fermat paraît la seule admissible; elle a été adoptée par Montucla dans son *Histoire des Mathématiques ;* mais il faut avouer que le principe de Képler, sur lequel elle est fondée, n'étant nullement démontré, la méthode elle-même ne l'était pas, et il n'est pas étonnant qu'elle ait été bien ou mal attaquée, et fort mal défendue.

Voici, par exemple, une objection qu'y fit Descartes :

Objection de Descartes à la méthode des maxima et minima de Fermat.

(5) Descartes, voulant éprouver l'exactitude de cette méthode, et ne pouvant en critiquer les raisonnements, puisque l'auteur ne les faisait pas connaître, se proposa de l'appliquer à ce problème :

« Étant donné un point hors d'une courbe, trouver la « plus grande ligne qu'on puisse mener de ce point à la partie « de la courbe, convexe vers ce point. »

Il choisit à cet effet la parabole, et le point donné sur l'axe même; et il prétendait que si la méthode était bonne elle devait donner pour la plus grande ligne, la direction de la tangente partant du point donné.

Fig. 1.

Soit D le sommet de la parabole, E le point fixe choisi sur l'axe, B un point quelconque de la partie de la parabole qui est convexe vers E; $CB = b$, $EC = a$, $CD = d$.; d'où

$$\overline{BE}^2 = a^2 + b^2.$$

Il change ensuite a en $a + e$ (ou bien, dit-il, en $a - e$,

car l'un revient à l'autre) et trouve pour la nouvelle valeur de BE

$$(a+e)^2 + \frac{b^2(d+e)}{d}.$$

L'égalant à la première et supprimant les termes communs $a^2 + b^2$, il vient

$$\frac{b^2e}{d} + 2ae + e^2 = 0,$$

et divisant par e

$$\frac{b^2}{d} + 2a + e = 0,$$

puis supprimant les termes en e

$$\frac{b^2}{d} + 2a = 0,$$

ce qui ne donne point la valeur de a; d'où il tira la conséquence que la règle était défectueuse. Roberval lui répondit que lorsque le point B se déplace sur la parabole, la longueur EB ne devient pas maximum quand sa direction est tangente, puisqu'elle continue à croître quand le point B dépasse le point de contact. Descartes répliqua que la règle n'exigeait pas qu'il y eût décroissement de part et d'autre du maximum, et qu'elle aurait dû s'appliquer à l'ensemble des rayons menés de E à la partie convexe seulement. Il était donc bien naturel que Fermat s'expliquât nettement sur la manière dont il entendait la question. Mais alors il aurait fallu donner une démonstration rigoureuse de sa règle, ce qu'il n'a jamais fait, et ce qui n'était pas possible s'il ne le fondait que sur le principe très-vrai, mais nullement démontré de Képler. Or, nous prouverons bientôt qu'il ne songeait pas à la condition du décroissement des deux côtés du maximum.

Quant au reproche qui était fait à Descartes de n'avoir rien dit des maxima et minima dans sa géométrie, il s'en défend vivement et affirme qu'il connaissait depuis longtemps le moyen de les déterminer, lorsque Fermat fit connaître sa méthode; il dit que sa géométrie renferme tout ce qui est nécessaire pour la solution des questions de ce genre, mais qu'il n'a pas cru devoir employer ces dénominations de maximum et de minimum qu'on ne rencontre que dans certaines parties des ouvrages d'Apollonius. Et en effet il est difficile de croire que Descartes possédant une méthode analytique pour la détermination des tangentes, et ayant imaginé lui-même de représenter les fonctions par des courbes, n'ait pas vu que tous les problèmes de maximum ou de minimum revenaient à la recherche des plus grandes ou des plus petites ordonnées, c'est-à-dire, en général, des points où la tangente est parallèle à l'axe des abscisses.

Heureusement Descartes ne se borna pas à montrer que la règle de Fermat était impuissante à donner la plus grande ligne menée d'un point à la convexité d'une courbe; il voulut faire voir *en quelle sorte on la pouvait corriger*, de manière à lui faire trouver ce maximum : mais, comme on le pense bien, ce ne fut pas une méthode de maximum, ce fut une méthode des tangentes qu'il trouva. Il s'obstina cependant à n'y voir qu'une *rectification* de la règle de Fermat, au lieu d'une *découverte importante* dont il pouvait se faire honneur, et qui n'avait aucun rapport avec la méthode qu'il attaquait. Nous y reviendrons bientôt, quand nous parlerons du problème des tangentes.

Raisons de croire que la condition du décroissement des deux côtés du maximum n'était pas sous-entendue par Fermat, comme le prétendait Roberval.

(6) Dans la première exposition de sa règle, Fermat s'exprime ainsi :

« Adæquentur duo homogenea maximæ aut minimæ æqua-« lia, et demptis communibus (quo peracto homogenea « omnia ex parte alterutra, ab *e* vel ipsius gradibus afficiun-« tur) applicentur omnia ad *e* vel ad elatiorem ipsius gra-« dum, donec aliquod ex homogeneis ex parte utravis af-« fectione sub *e* omnino liberetur. »

Il est évident que Fermat prescrit par là de diviser $F(x+e) - F(x)$ par la puissance de e commune à tous les termes, et qu'il suppose pouvoir être supérieure à la première. C'est ce qui devient encore plus clair par l'application qu'il fait de cette méthode dans un des chapitres suivants ayant pour titre *ad eamdem methodum*. Le problème consiste à partager une ligne donnée b en deux parties x et $b - x$, telles que le produit $x^2(b - x)$ soit maximum; et par conséquent $F(x)$ est dans ce cas $x^2(b - x)$.

Après avoir changé x en $x + e$ dans cette fonction, et retranché $x^2(b - x)$, il obtient

$$be^2 + 2xbe - 3x^2e - 3xe^2 - e^3,$$

qui est la valeur de $F(x + e) - F(x)$ pour cet exemple. Il continue ainsi :

« Totum dividamus per *e*. Hac divisione peracta, si omnia « homogenea dividi possunt per *e*, iteranda erit divisio per

« e, donec reperiatur aliquod ex homogeneis quod hujus-
« modi divisionem non admittat, id est, Vieteis verbis utar,
« quod non afficiatur ab e; sed quia in exemplo proposito
« comperimus divisionem iterari non posse, hic standum
« est. »

On voit donc que Fermat admettait comme possible que $F(x+e)-F(x)$ eût en facteur une puissance de e supérieure à la première, x étant indéterminé; mais ce n'est pas pour relever cette erreur, très-pardonnable de son temps, que nous avons cité ces passages; d'autant plus qu'elle ne pouvait avoir aucune influence dans l'application. La conséquence que nous voulons en tirer est celle-ci : puisque Fermat égale à zéro le multiplicateur total de la plus faible puissance de e, facteur dans $F(x+e)-F(x)$, et qu'il admet que cette puissance pourrait être la seconde, il s'ensuit que pour la valeur de x qui donne le maximum, l'accroissement $F(x+e)-F(x)$ peut avoir e^3 pour facteur des termes de moindre degré en e; ce qui lui donnerait des signes différents pour $x-e$ et $x+e$: et cela n'aurait pu échapper à Fermat qui a assez fait voir par sa règle même qu'il ne regardait pas comme de même ordre de grandeur les différentes puissances de e. On doit donc reconnaître, ou que Fermat ne s'occupait nullement de savoir si la fonction décroissait des deux côtés du maximum; ou bien qu'il y songeait, et qu'il admettait qu'elle pouvait croître d'un côté et décroître de l'autre.

Or nous croirions faire injure à Fermat en nous arrêtant un seul instant à cette dernière hypothèse: il faut donc admettre qu'il ne songeait qu'à exprimer que $F(x+e)-F(x)$ était infiniment petit par rapport à e, et nullement à expri-

mer que cet accroissement était de même signe pour $+e$ et $-e$. Si c'eût été là sa pensée, il aurait sans aucun doute découvert la théorie des modernes avec les moyens de distinguer le maximum du minimum, ce qu'il n'a pas fait. Mais, si Fermat n'a rien dit ni rien sous-entendu relativement au sens de l'accroissement, Descartes pouvait donc se croire le droit d'appliquer la règle sans s'occuper de ce sens, au moins jusqu'à ce que la démonstration de cette règle fût communiquée, ce qui n'a point été fait.

Comment Descartes complète la règle des maxima et minima de Fermat.

(7) Voici le passage qu'on trouve dans la 60e lettre du tome III, où il critique la méthode de Fermat :

« Mais le point principal, et celui qui est le fondement de « la règle, est omis en l'endroit où sont ces mots : *Adæquentur duo homogenea maximæ et minimæ æqualia*, lesquels ne signifient autre chose, sinon que la somme qui « explique *maximam in terminis sub A gradu ut libet involutis*, doit être supposée égale à celle qui l'explique, « *in terminis sub A et E gradibus ut libet coefficientibus*. Et « vous demanderez, s'il vous plaît, à ceux qui la soutiennent, « si ce n'est pas ainsi qu'ils l'entendent, avant que de les « avertir de ce qui doit y être ajouté; à savoir, au lieu de « dire simplement *adæquentur*, il fallait dire : *Adæquentur* « *tali modo, ut quantitas per istam æquationem invenienda,* « *sit quidem una, quum ad maximam aut minimam refertur,* « *sed emergens ex duabus quæ per eamdem æquationem pos-*

« *sent inveniri, essentque inæquales, si ad minorem maximâ,* « *vel ad majorem minimâ referrentur.* »

Je ne vois pas qu'on puisse attacher à ce passage un autre sens que celui-ci :

« Il ne suffit pas de poser l'équation $F(x) = F(x + e)$; il « faut encore que la valeur de x que l'on en tire provienne « de deux valeurs inégales, satisfaisant à cette même équa- « tion, et se réduisant à une seule, quand on veut qu'elles « se rapportent au *maximum* ou au *minimum.* »

Opinion de Hughens sur le principe de la règle de Fermat : démonstration qu'il en donne.

(8) Hughens commence en ces termes son exposition :

« Ad investiganda maxima et minima in geometricis quæs- « tionibus, regulam certam primus, quod sciam, Fermatius « adhibuit : cujus originem ab ipso non traditam, cum ex- « quirerem.... »

Hughens commence donc par déclarer au sujet des maxima et minima, comme on verra bientôt qu'il le fait aussi pour les tangentes, que Fermat est mort sans faire connaître la démonstration ou le principe de ses méthodes. Voyons maintenant comment il croit pouvoir interpréter la pensée de l'inventeur.

Il commence par remarquer que lorsqu'une fonction $F(x)$ d'une variable x acquiert une valeur maximum quand x passe par une certaine valeur particulière ; si, à partir de cette valeur, on fait varier x dans un sens et dans l'autre, la fonction commence dans les deux cas par décroître. Donc à chaque valeur qu'elle prend d'un côté en correspond une

égale de l'autre, au moins dans un certain intervalle fini qui pouvait être très-petit. En désignant par x et $x+e$ deux valeurs de x, comprenant entre elles celle qui donne le maximum, et pour lesquelles les deux valeurs de la fonction soient rigoureusement égales, on aura l'équation

$$\text{(3)} \qquad F(x) = F(x+e)$$

et x sera d'autant plus voisin de la valeur correspondante au maximum, que e sera plus petit.

Chassant les dénominateurs de cette équation, et faisant disparaître les radicaux, s'il y en a qui renferment les inconnues, on arrivera à une équation où les termes indépendants de e se détruiront, de sorte que e restera en facteur, et on pourra le supprimer. L'équation ainsi obtenue équivaudra toujours à l'équation (3), et elle donnera pour x une valeur d'autant plus voisine de celle que l'on cherche, que e sera plus petit; il suffira donc de faire $e = 0$ pour avoir l'équation qui détermine la valeur d'x correspondante au maximum de $F(x)$. Et l'on agirait tout à fait de la même manière s'il s'agissait d'un minimum.

(9) Ce procédé de calcul est évidemment le même que celui que prescrit Fermat. Il est appuyé de considérations claires et d'une rigueur suffisante; mais quoique Hughens dise, *et hæc est ratio methodi Fermatiani*, il me semble facile d'établir que le principe de cette démonstration est fort différent de celui de Fermat.

En effet, l'équation (1) de ce dernier n'est pas rigoureusement exacte, et x y désigne la valeur même qui correspond au maximum. Au contraire, l'équation (3) de Hughens est tout à fait exacte, mais x désigne une quantité qui est seu-

lement très-voisine de celle qui répond au maximum. Tous les calculs de Hughens sont rigoureux ; tous ceux de Fermat ne sont qu'approchés, jusqu'au moment où il remplace e par zéro. Le principe des deux méthodes est donc essentiellement différent; elles ne s'accordent qu'à la conclusion.

Quant à l'idée ingénieuse de déterminer la valeur cherchée de la variable x, par la condition qu'elle soit le cas particulier de deux racines qui deviennent égales dans l'équation $F(x) = F(x + e)$, il ne me semble pas, d'après le passage précédemment cité, qu'on en puisse faire honneur à un autre que Descartes.

Mais nous ne voulons pas dire que l'on ignorât avant Descartes cette propriété que pour une valeur donnée de la fonction $F(x)$, on trouve deux valeurs différentes de x, qui se réduisent à une seule dans le cas du maximum; nous disons seulement que ce n'était pas sur cette propriété qu'on fondait la détermination de cette valeur remarquable. Pappus lui-même donne en effet la preuve qu'il connaissait cette propriété, comme on le voit par le passage suivant de Fermat :

« Hoc loco Pappus vocat minimam proportionem μοναχὸν « καὶ ἐλάχιστον, minimam et singularem, ideo scilicet, quia si « proponatur quæstio circa magnitudines datas duobus « semper locis satisfit quæstioni; sed in minimo aut maximo « termino, unicus est qui satisfaciat locus. »

Ce passage de Fermat se trouve dans un chapitre intitulé : *ad eamdem methodum*, et postérieur à l'écrit qui a donné lieu à la discussion. Mais alors même, Fermat songeait si peu à en faire la base de sa méthode, que c'est dans ce même chapitre qu'il dit que les deux quantités $F(x)$ et $F(x + e)$

ne sont pas rigoureusement égales. *Comparo*, dit-il, *tanquam essent æqualia, licet reverà æqualia non sint.*

L'idée de Fermat était donc tout autre que celle de Hughens ou plutôt de Descartes, qui conduit à des égalités rigoureuses.

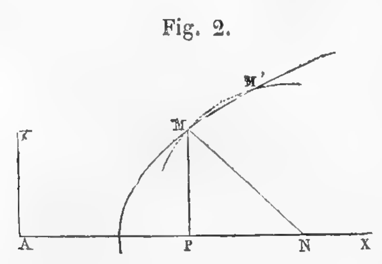
DEUXIÈME PARTIE.

SUR LES MÉTHODES DES TANGENTES DE DESCARTES ET FERMAT.

Première méthode de Descartes.

(10) La géométrie de Descartes a offert la première méthode analytique pour déterminer les tangentes aux courbes dont on donne l'équation; et comme elle a été le point de départ de la discussion dont nous nous occupons, il est nécessaire de la faire connaître d'abord en peu de mots.

Fig. 2.



Descartes se propose de mener en un point donné M (fig. 2) d'une courbe quelconque dont on a l'équation en

coordonnées rectangles, ou même dans un autre système, une droite qui coupe la courbe à angles droits, ou, en d'autres termes, qui soit perpendiculaire à la tangente.

Si N est le point où cette perpendiculaire, ou normale, rencontre l'axe des x, le cercle décrit de ce point comme centre, avec le rayon NM, sera tangent en M à la courbe : mais si N est seulement très-voisin de ce point, le cercle coupera la courbe en un second point M' qui se rapprochera indéfiniment de M, lorsque N se rapprochera indéfiniment du pied de la normale : on aura donc ce point même en faisant coïncider M et M'.

On voit que ce principe très-simple sur lequel est fondée la méthode peut s'énoncer ainsi : une ligne quelconque variable qui coupe une courbe donnée en un point fixe et en un second point qui se rapproche indéfiniment du premier, devient tangente à cette courbe quand les deux points d'intersection coïncident.

Soit $AP = x$, $PM = y$, $MN = s$, $AA = v$, et (1) $F(x,y) = 0$ l'équation de la courbe, on aura

$$(2) \qquad s^2 = y^2 + (v - x)^2,$$

équation où on laissera s et v constants, et qui conviendra par conséquent à tous les points distants du point N de la quantité s. Si donc on en tire x ou y et qu'on le substitue dans l'équation de la courbe, il n'y restera plus qu'une seule coordonnée; et l'équation ainsi obtenue fera connaître les valeurs de cette coordonnée qui correspondent à tous les points communs au cercle et à la courbe.

Si par exemple on a tiré la valeur de y

$$y = \sqrt{s^2 - v^2 + 2vx - x^2},$$

les x des points communs seront donnés par l'équation

$$(3) \qquad F(x, \sqrt{s^2 - v^2 + 2vx - x^2}) = 0$$

qui aura pour solution l'abscisse du point M, et un certain nombre d'autres, dont l'une sera d'autant plus voisine de celle-ci que N sera plus près du pied de la normale. Exprimant donc que l'équation (3) a deux racines égales à l'abscisse du point donné, on aura entre s et v une équation qui déterminera le pied de la normale, en y joignant l'équation (1) s'il est nécessaire. Descartes réduit d'abord l'équation (3) à être entière et rationnelle ; ce qui ne suppose nullement que l'équation (1) puisse être résolue par rapport à une des deux variables, ou à une de ses puissances ; et alors se présente la question suivante que nous considérerons d'abord indépendamment des circonstances particulières du problème actuel : étant donnée une équation de degré quelconque

$$(4) \qquad x^m + ax^{m-1} + bx^{m-2} \dots + tx + u = 0,$$

trouver la relation que doivent avoir entre eux les coefficients des diverses puissances de x pour qu'elle ait deux racines égales.

C'est pour résoudre cette question que Descartes a imaginé la méthode des coefficients indéterminés, dont il a fait plus tard d'autres applications.

A cet effet, il identifie le premier membre de l'équation (4) au produit du carré d'un binôme $x-\alpha$ par un polynôme de degré $m-2$, dont les coefficients sont indéterminés comme α, et au nombre de $m-2$. Il obtient ainsi m équations, en égalant les coefficients des mêmes puissances de x dans les deux polynômes. Si de ces m équations on éliminait les $m-1$

indéterminées, on aurait la condition générale pour l'égalité de deux racines de l'équation (4).

Mais dans la question actuelle où ces deux racines doivent être égales à l'abscisse donnée du point M, il n'est pas nécessaire d'éliminer α qui est connu, et l'on a deux équations entre s, v, et l'abscisse α; et l'on pourrait se borner à une seule, puisque l'on a déjà l'équation (2) entre s, v et les deux coordonnées connues de M. Cette dernière équation pouvant toujours être résolue par rapport à s ou v, on parvient toujours à une équation à une seule inconnue v ou s; et c'est à sa résolution qu'est ramené le problème géométrique des tangentes.

(11) *Remarque.* Le calcul de Descartes serait simplifié en observant que si l'équation (3) a des racines égales, elles doivent satisfaire en même temps à cette équation et à celle qu'on obtient en égalant à zéro sa dérivée, ce qui donne

$$(5)\quad mx^{m-1} + (m-1)ax^{m-2} + (m-2)bx^{m-3} \ldots. + t = 0.$$

Or dans la question actuelle la valeur de x est donnée; les deux équations (3) et (4) feront donc connaître s et v, au moyen de l'x du point donné. On pourrait encore faire usage de l'équation (2) avec (5) pour éliminer une des inconnues s ou v; mais alors on introduirait l'x et l'y du point donné.

(12) Parmi les exemples traités par Descartes, nous choisirons le plus simple. Soit l'équation des sections coniques

$$y^2 = rx - \frac{r}{q}x^2;$$

remplaçant y par $\sqrt{s^2 - v^2 + 2vx - x^2}$, on obtient

$$x^2 - \frac{(2v-r)q}{q-r}x + \frac{(v^2-s^2)q}{q-r} = 0.$$

L'identifiant avec $x^2 - 2\alpha x + \alpha^2$, on obtient

$$\frac{(2v - r)q}{q - r}\, x = 2\alpha, \qquad \frac{(v^2 - s^2)q}{q - r} = \alpha^2.$$

Si α n'était pas donné, on l'éliminerait de ces deux dernières et on aurait simplement la condition entre v et s pour que le cercle fût tangent. De sorte que si l'on se donnait v à volonté, on en déduirait la valeur s du rayon du cercle tangent à la parabole, et ayant son centre au point de l'axe déterminé par v. Mais si le point est donné sur la parabole, α est connu, et l'on trouve, en faisant usage de l'équation qui ne renferme pas s,

$$v = \alpha - \frac{\alpha r}{q} + \frac{r}{2},$$

ce qui détermine le pied de la normale.

Emploi de cette méthode en admettant les connaissances actuelles en analyse.

(13) On sait que pour qu'une équation $\varphi(x) = 0$ ait des racines égales, il faut qu'elle ait lieu pour ces valeurs de x en même temps que $\varphi'(x) = 0$, φ' désignant la dérivée de la fonction φ, quelle que soit d'ailleurs sa forme. Admettons ce principe, qui n'était pas connu du temps de Descartes, parce qu'il suppose la connaissance du développement des fonctions, et nous allons voir que sa méthode conduit immédiatement au même résultat que les théories modernes. Supposons d'abord que l'équation de la courbe puisse être résolue par rapport à l'une des deux coordonnées, par exemple y, et soit

$$y = f(x),$$

l'équation (3) deviendra

$$\sqrt{s^2 - (v - x)^2} = f(x),$$

ou

$$f(x)^2 + (v - x)^2 - s^2 = 0.$$

Prenant la dérivée par rapport à x en regardant s et v comme des constantes, on obtiendra l'équation

$$f(x)f'(x) - (v - x) = 0,$$

qui exprimera que la précédente a deux racines égales, et déterminera v, et par suite le pied de la normale. On en tirera $v - x = f(x) f'(x)$; ce qui est, en effet, l'expression générale de la sous-normale.

Prenons maintenant pour la courbe l'équation (1), la plus générale possible,

$$F(x, y) = 0$$

et admettons les principes actuellement connus des dérivées. Car nous n'avons pour but que d'étudier la méthode par laquelle Descartes ramène le problème géométrique des tangentes à des problèmes d'algèbre ; cette méthode devait naturellement devenir d'une application plus facile et plus générale par les progrès de l'analyse; et pour la comparer avec celles des modernes, il est évident qu'il faut mettre à son service toutes les ressources de calcul que l'on possède aujourd'hui.

Cela posé, revenons à l'équation (2) qui doit donner les abscisses des points de rencontre de la courbe et du cercle, en regardant s et v comme constants ; mais pour plus de simplicité, laissons-lui la forme (1) en entendant que y^2 y représente la fonction d'x, $\sqrt{s^2 - (v - x)^2}$; pour exprimer qu'elle a deux racines égales, il faut égaler à zéro la dérivée par rapport à x de la fonction composée $F(x, y)$. En em-

ployant les notations de Lagrange, on obtiendra ainsi

$$F'(x) + F'(y)y' = 0$$

et l'on aura

$$y' = \frac{v - x}{\sqrt{s^2 - (v - x)^2}} = \frac{v - x}{y}.$$

L'équation précédente devient donc

$$F'(x) + F'(y)\frac{(v - x)}{y} = 0, \quad \text{d'où} \quad v - x = -y\frac{F'(x)}{F'(y)},$$

ce qui est encore l'expression générale de la sous-normale, donnée dans le calcul différentiel.

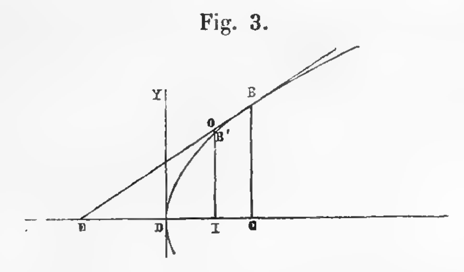
Première méthode des tangentes de Fermat.

(14) Après avoir exposé sa méthode des maxima et minima, Fermat passe à la détermination des tangentes, et commence en ces termes :

« Ad superiorem methodum inventionem tangentium ad « data puncta in lineis quibuscumque curvis reducimus. »

On voit donc d'abord qu'il n'y a pas lieu de douter, comme l'ont fait et le font encore quelques personnes, que Fermat ramène la recherche des tangentes à la méthode des maxima et minima ; mais sur la manière dont il les y ramène, il y a diverses opinions que nous discuterons. Commençons par faire connaître ce qu'il a écrit lui-même un peu trop brièvement à ce sujet. Il prend la parabole comme base de ses raisonnements, mais l'expression même qu'il emploie, *in quibuscumque curvis*, prouve qu'il les étendait à beaucoup d'autres courbes, sinon à toutes, et nous les généraliserons autant qu'il pourra être supposé l'avoir fait lui-même.

Fig. 3.



Soit D le sommet de la parabole, B le point quelconque où l'on veut mener la tangente, C le pied de l'ordonnée de B, E le point où la tangente coupe l'axe; faisons $CD = d$, $CE = a$, $CI = e$, et par le point I élevons une ordonnée qui coupe la courbe en B' et la tangente en O; ce point O sera au-dessus de B', que I soit à gauche de C ou à droite, puisque les points de la courbe doivent être d'un même côté de la tangente, de part et d'autre du point de contact.

Or, pour tous les points de la parabole dont l'équation est de la forme $y^2 = px$, le rapport du carré de l'ordonnée à l'abscisse est constant; on a donc $\frac{\overline{BC}^2}{DC} = \frac{\overline{B'I}^2}{DI}$, et par conséquent $\frac{\overline{OI}^2}{DI} > \frac{\overline{BC}^2}{DC}$, c'est ce que Fermat énonce ainsi : *major erit* proportio CD ADDI quàm $\overline{BC}^2$ AD $\overline{OI}^2$.

D'où il est manifeste que si le point O se déplace en restant toujours, comme il est supposé, sur la tangente, le rapport $\frac{\overline{OI}^2}{DI}$ sera minimum quand ce point sera en B, puisque pour toute autre position ce rapport est plus grand que la valeur qu'il acquiert en ce point.

Si l'on avait renversé le rapport, on aurait eu un maximum au lieu d'un minimum; comme aussi si la courbe était

au-dessus de la tangente au lieu d'être au-dessous comme il l'est dans notre exemple.

Donc d'après sa méthode des maxima et des minima, Fermat doit égaler $\frac{\overline{OI}^2}{DI}$ à $\frac{\overline{BC}^2}{DC}$; ou, en remplaçant les carrés de OI et BC par des quantités proportionnelles, dépendantes seulement des lignes situées sur l'axe, poser

$$\frac{\overline{EI}^2}{DI} = \frac{\overline{EC}^2}{DC},$$

$$\frac{(a - e)^2}{d - e} = \frac{a^2}{d};$$

c'est aussi ce qu'il fait; puis il chasse les dénominateurs, et trouve en réduisant

$$de^2 + a^2e = 2ade,$$

et divisant par e, puis faisant $e = 0$, il trouve

$$a = 2d.$$

L'inconnue CE est donc double de l'abscisse du point de contact; et il ajoute, pour indiquer que sa méthode est générale, *nec unquam fallit methodus*.

On voit donc que Fermat traite l'équation (6) absolument comme s'il voulait trouver le minimum de $\frac{\overline{OI}^2}{DI}$ ou $\frac{y^2}{x}$; et de plus il annonce que c'est à sa méthode des maxima et minima qu'il va ramener la recherche de la tangente : comment donc serait-il possible que son intention eût été différente de celle que nous lui supposons ici?

(15) Quant à la généralité de cette méthode, nous ne dirons pas avec Fermat qu'elle pouvait s'appliquer à des courbes quelconques, mais seulement à celles dont l'équation pouvait être résolue par rapport à l'une des variables, ou, si

cela est plus commode, à une puissance de l'une des variables : si par exemple elle était de la forme

$$y^m = F(x).$$

Le rapport $\frac{y^m}{F(x)}$ étant constant sur la courbe, et l'y de la tangente étant toujours plus grand, pour un même x, que celui de la courbe si celle-ci est au-dessous de la tangente dans le voisinage du point de contact, et toujours plus petit si elle est au-dessus, il s'ensuit que le rapport $\frac{y^m}{F(x)}$, considéré pour les points de la tangente, est un minimum ou un maximum, pour la valeur d'x qui est l'abscisse du point de contact. En employant les mêmes dénominations que Fermat dans l'exemple qu'il avait choisi, et appliquant sa méthode, on aura l'équation

$$(7) \qquad \frac{(a-e)^m}{F(d-e)} = \frac{a^m}{F(d)},$$

ou

$$F(d)\,(a-e)^m = a^m F(d-e),$$

qui, par les procédés déjà indiqués, conduira à la valeur de a, qui détermine la tangente.

Si l'exposant n'était pas entier, on l'y ramènerait immédiatement ; et si $F(d-e)$ ne pouvait se développer, on traiterait l'équation comme nous l'avons dit à propos des maxima et minima.

Fermat serait arrivé aussi simplement au même résultat en considérant $y^m - F(x)$ comme maximum ou minimum, au lieu de $\frac{y^m}{F(x)}$; mais ce n'est pas ce qu'il a fait.

Applications des théories analytiques actuelles au principe de cette méthode.

(16) Si, comme nous l'avons fait pour le principe de la méthode de Descartes, nous appliquons les connaissances actuelles d'analyse au principe de celle de Fermat, nous arriverons facilement à la formule générale de la sous-tangente.

En effet, quelle que soit la forme de l'équation, il est toujours certain que le rapport de l'ordonnée de la tangente à l'ordonnée correspondante de la courbe, est maximum ou minimum au point de contact. Soit encore d l'abscisse de ce point, f son ordonnée, a la sous-tangente; $d - e$ et $f - \alpha$ les coordonnées d'un point indéterminé de la courbe; l'ordonnée de la tangente, pour l'abscisse $d - e$, sera $\frac{(a-e)f}{a}$, et son rapport à l'ordonnée de la courbe sera

$$\frac{(a - e)f}{(f - \alpha)a},$$

lequel doit avoir son maximum ou son minimum au point de contact. Il faut donc, d'après la règle, égaler cette valeur variable à celle du maximum, qui est évidemment 1; ce qui donne

$$\frac{(a - e)f}{(f - \alpha)a} = 1, \qquad \text{ou} \quad (a - e)f = (f - \alpha)a,$$

ou enfin

$$a\alpha = fe.$$

Il resterait donc à développer α suivant les puissances de e, supprimer le facteur commun e, puis faire $e = 0$; divisant donc par e, on obtient

$$a\frac{\alpha}{e}=f$$

et il suffira pour connaître a de mettre au lieu de $\frac{\alpha}{e}$ la valeur vers laquelle il tend quand e tend vers zéro; ce que l'on appelle la dérivée de y par rapport à x. En y appliquant les procédés connus de calcul on trouvera pour a la formule générale des sous-tangentes.

Le principe de Fermat conduirait donc comme celui de Descartes aux déterminations modernes; mais il lui était inférieur sous le rapport de la rigueur, puisqu'il ramenait à une théorie fondée en quelque sorte sur une hypothèse, à savoir le principe non démontré de Képler.

Diverses opinions sur la manière dont Fermat ramenait le problème des tangentes à celui des maxima et minima.

(17) Fermat n'ayant pas dit explicitement quelle quantité il fallait regarder comme maximum relativement à la tangente, divers points de vue ont été proposés à cet égard.

Descartes considéra comme devant être maximum, la distance du pied E de la tangente, aux différents points de la partie convexe de la parabole. Or en appliquant la règle de Fermat à ce prétendu maximum, il était parvenu à un résultat absurde, comme nous l'avons fait voir; d'où il avait conclu le vice de cette règle. Aussi accuse-t-il Fermat de n'avoir pas ramené la recherche de la tangente à la méthode des maxima et minima; « Car, dit-il, étant défectueuse pour « ces cas-là et ses semblables (au moins en la façon qu'il la « propose) il n'aura pu trouver son compte en la voulant

« suivre, ce qui l'aura obligé de prendre un autre chemin, « par lequel rencontrant d'abord la conclusion qu'il savait « d'ailleurs être vraie, il a pensé avoir bien opéré, et n'a pas « pris garde à ce qui manquait en son raisonnement. »

En tout cela Descartes se trompait : d'abord en croyant que la longueur de la tangente était un maximum; en second lieu en ne reconnaissant pas que Fermat ramenait bien effectivement à une question de maximum.

Mais Roberval ne paraît pas l'avoir reconnu davantage; voici, en effet, ce qu'il dit dans sa réplique :

« Nous désirerions qu'il considérât la méthode de plus « près, et il verrait que pour trouver la plus grande, M. de « Fermat a employé le raisonnement propre pour la plus « grande, et que pour trouver les touchantes il a employé « le raisonnement propre pour les touchantes,.... La seconde « objection de M. Descartes est contre la méthode par laquelle « M. de Fermat trouve les touchantes des lignes courbes, et « particulièrement contre l'exemple qu'il en donne en la pa- « rabole, etc. »

Roberval admet donc que Fermat ne ramène pas les tangentes aux maxima, et défend la méthode qu'il emploie à cet effet. Descartes l'avait attaquée en disant que si, au lieu de la parabole, on prenait une ellipse ou une hyperbole ou une infinité d'autres courbes, les mêmes raisonnements seraient applicables, et cependant conduiraient à des conséquences absurdes. Roberval répondit qu'il fallait considérer les points des deux côtés du point de contact; que Descartes faisait usage d'une propriété de ces courbes qui n'avait lieu que d'un seul côté, excepté pour la parabole; et que ce n'était que pour cette courbe que le résultat pouvait être exact. Mais

comme Roberval ne voyait pas que Fermat ramenait à un maximum, il ne pouvait donner de raison qui obligeât à prendre une propriété d'inégalité qui fût la même des deux côtés; et par suite il ne pouvait repousser victorieusement les attaques de Descartes.

Descartes, après avoir durement reproché à Roberval de prétendre que Fermat n'avait pas voulu ramener les tangentes aux maxima, se propose de montrer comment cela aurait dû être fait, et comment sa règle des maxima et minima devait être corrigée. Pour ce dernier point, nous en avons déjà parlé, au sujet de la démonstration de Hughens, et nous ne le rappellerons pas. Quant à l'application qu'il en veut faire aux tangentes, elle pèche en ce qu'il regarde toujours la tangente comme un maximum; mais la méthode à laquelle il parvient est très-bonne et indépendante des maxima et minima; elle n'est point un perfectionnement de celle de Fermat : elle appartient tout entière à Descartes, et nous en parlerons bientôt.

(18) D'autres géomètres, convaincus que Fermat fondait, comme il le disait si positivement, la détermination des tangentes sur celle d'un maximum ou d'un minimum, ont cherché quelle était la quantité qui présentait cette propriété au point du contact.

Montucla, dans son *Histoire des Mathématiques,* dit qu'il n'y a là d'autre maximum que le rapport de B'I à EI (fig. 3), lorsque la droite EB' tourne autour du point E; ou bien encore la longueur DH déterminée par la rencontre de la sécante variable EB' avec une perpendiculaire à l'axe en D; ce qui revient au même, puisque le rapport de DH à DE est égal à celui de B'I à IE. Enfin on pourrait semblablement regarder

comme devenant maximum ou minimum, l'angle B'EI; ce qui ne différerait pas réellement des deux autres points de vue.

M. Lefort, dans une note de l'ouvrage qu'il a fait sur Newton, en commun avec M. Biot, émet la même opinion que Montucla, et pense que Fermat regarde la tangente comme correspondante au maximum du rapport de B'I à EI.

Je ne pense pas que ces diverses opinions puissent être admises; d'abord parce que la démonstration de Fermat indique autre chose: et ensuite parce qu'elles supposent que le point variable, qui détermine l'expression de la grandeur qui doit devenir maximum, se meut sur la courbe même, tandis que Fermat dit expressément qu'il le fait se déplacer sur la tangente.

Je ne vois d'interprétation possible de la pensée de Fermat que celle que j'ai donnée ci-dessus.

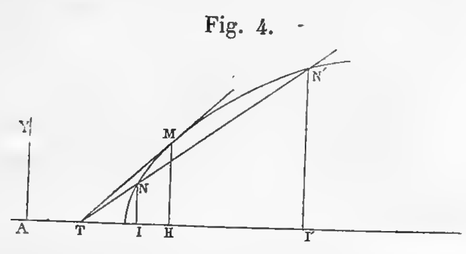
Seconde méthode des tangentes de Descartes.

(19) Descartes, après avoir modifié et corrigé, comme il le disait, la règle des maxima de Fermat, voulut l'appliquer à la recherche des tangentes; mais il eut le tort de continuer à regarder la longueur ED de la tangente comme maximum. Les raisonnements, au reste, sont parfaitement justes, parce qu'il n'emploie que la seule considération que les deux valeurs de la sécante deviennent égales lorsqu'elle est tangente. On voit bien cependant que ce n'était pas appliquer sa propre méthode des maxima, qu'il appelait la méthode de Fermat corrigée. Car ici, les quantités qui deviennent égales, sont les valeurs de la fonction maximum elle-même, au lieu d'être les

valeurs de la variable dont dépend cette fonction, comme cette règle le demanderait.

Ainsi Descartes n'appliquait pas réellement à la recherche de la tangente la considération du maximum; il résolvait effectivement ce problème : « Déterminer la tangente à une « courbe en la considérant comme la position particulière « d'une sécante tournant autour du pied de la tangente, « jusqu'à ce que deux de ses points d'intersection avec la « courbe viennent à coïncider. »

Fig. 4.



Voici maintenant la solution qu'il en donne (fig. 4) :

Soit M le point de contact donné, T le pied de la tangente, TNN' une sécante quelconque partant de T et rencontrant la courbe en N, N', soit $\mathrm{AI} = x$, $\mathrm{NI} = y$, $\mathrm{TI} = a$, $\mathrm{II'} = e$. *Sans m'arrêter à chercher la plus grande,* dit-il, je cherche N'I' de deux manières, d'abord par les triangles semblables qui donnent $\frac{\mathrm{NI}}{\mathrm{TI}} = \frac{\mathrm{N'I'}}{\mathrm{TI'}}$ ou $\frac{y}{a} = \frac{\mathrm{N'I'}}{a+e}$, ce qui donne pour l'ordonnée du point N', $\mathrm{N'I'} = y + \frac{ey}{a}$, *puis je le cherche par la courbe;* c'est-à-dire qu'il exprime que les coordonnées de N' satisfont à l'équation de la courbe. Si par exemple on suppose $y^m = \mathrm{F}(x)$, on trouvera ainsi $\left(y + \frac{ey}{a}\right)^m = \mathrm{F}(x+e)$, ou, d'après la précédente, $\mathrm{F}(x)\left(1 + \frac{e}{a}\right)^m = \mathrm{F}(x+e)$, équa-

tion rigoureusement exacte, et qui coïncide avec l'équation approchée (7) de Fermat : on la rendra entière et rationnelle, après quoi on supprimera les termes indépendants de e, qui se détruiront tous; puis on divisera par la puissance de e commune à tous les termes, et l'on aura encore une équation exacte qui donnerait pour les valeurs d'x, les abscisses des points de rencontre.

Si maintenant on veut que les deux abscisses qui diffèrent de e deviennent égales, c'est-à-dire que les deux points N, N' se confondent, il faudra supposer $e = 0$; ce qui donnera une équation entre x et a, dans laquelle x sera l'abscisse donnée du point M, avec lequel les points NN' sont venus coïncider, et a, la valeur TH que prend TI quand N est venu en M, c'est-à-dire la valeur de la sous-tangente.

Si l'on suppose que F $(x + e)$ puisse se développer, et que l'on ait

$$F(x + e) = Ae + Be^2 + \dots.$$

l'équation ci-dessus deviendra

$$(a + e)^m F(x) = a^m \left\{ F(x) + Ae + Be^2 + \dots \right\} = (a^m + ma^{m-1}e + \dots) F(x),$$

ou, en supprimant les termes communs,

$$a^m(Ae + Be^2 \dots) \doteq ma^{m-1} F(x)e + \dots;$$

divisant par e, puis faisant $e = 0$, on trouve en supprimant le facteur commun a^{m-1}:

$$aA \doteq mF(x); \qquad \text{d'où} \quad a = \frac{mF(x)}{A};$$

ce qui est la formule de la sous-tangente d'après l'équation donnée.

On peut remarquer que si c'était le point T qui fût donné et non le point de contact, x serait inconnu, a serait égal à

x — AT, et AT serait connu. Le désignant par α, l'équation trouvée entre a et x subsisterait toujours et deviendrait

$$x - \alpha = \frac{m\mathrm{F}(x)}{\mathrm{A}}.$$

Il s'agirait alors de déduire a de cette équation à une seule inconnue.

(20) On voit que Descartes, comme il le dit lui-même, ne s'est point occupé de *chercher la plus grande*, mais seulement d'exprimer que les trois points T, N, N' sont en ligne droite, et qu'ensuite les abscisses des deux points N, N' de la courbe deviennent égales (*). Cette nouvelle méthode des tangentes, qui n'est nullement celle de Fermat perfectionnée, est indépendante de la forme de l'équation de la courbe et se résume ainsi :

Exprimer que x et y satisfont à cette équation, ainsi que $x + e$ et $y + \frac{ey}{a}$; c'est-à-dire, si on part de l'équation $\mathrm{F}(x,y) = 0$, écrire les deux équations simultanées

$$\mathrm{F}(x, y) = 0, \quad \mathrm{F}\left(x + e, y + \frac{ey}{a}\right) = 0. \tag{8}$$

Développer la seconde et la simplifier d'après la première, qui fera disparaître les termes indépendants de e; puis diviser par e et faire ensuite $e = 0$; l'équation en a ainsi obtenue déterminera la sous-tangente au moyen de l'x et l'y du point de contact.

(*) Descartes aurait pu parvenir à cette méthode en exprimant que le rapport $\frac{\mathrm{NI}}{\mathrm{IT}}$ ou $\frac{y}{x - \mathrm{AT}}$ devient maximum ou minimum, au point M, comme cela est évident; mais il n'y a pas songé : s'il l'avait fait, il se serait placé précisément au point de vue auquel Montucla et M. Lefort ont pensé que Fermat s'était placé.

C'est précisément là la méthode suivie aujourd'hui, seulement nos moyens de développement sont plus parfaits que ceux dont on pouvait user du temps de Descartes. En en faisant usage on obtient

$$F'(x) + \frac{y}{a} F'(y) = 0,$$

d'où

$$a = -y \frac{F'(y)}{F'(x)},$$

ce qui est la formule des modernes. Mais à l'époque même où Descartes a donné cette règle il n'y aurait eu aucune difficulté pour une équation algébrique entière et rationnelle de degré quelconque.

Considérons, par exemple, la courbe à laquelle il défia Fermat d'appliquer sa méthode, savoir

$$y^3 + x^3 = mxy.$$

L'équation (8) est dans ce cas

$$y^3\left(1 + \frac{e}{a}\right)^3 + (x + e)^3 = m(x + e)\, y\left(1 + \frac{e}{a}\right),$$

et, observant que $y^3 + x^3 = mxy$,

$$y^3\left(\frac{3e}{a} + 3\frac{e^2}{a^2} + \frac{e^3}{a^3}\right) + 3x^2e + 3xe^2 + e^3 = my\left(\frac{ex}{a} + e + \frac{e^2}{a}\right).$$

Divisant par e, puis faisant $e = 0$, il vient

$$\frac{3y^3}{a} + 3x^2 = \frac{mxy}{a} + my,$$

qui donne pour valeur de la sous-tangente

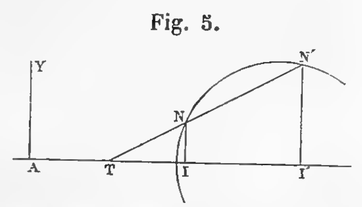
$$a = y\frac{3y^2 - mx}{my - 3x^2}.$$

Descartes demandait surtout à ses adversaires de calculer les coordonnées du point où la tangente était inclinée de 45° sur l'axe des x; et il donna la solution de ce problème après que Roberval eut déclaré ne l'avoir pas trouvée.

Troisième méthode des tangentes de Descartes.

(21) Le point de vue sous lequel Descartes envisage ici la tangente, et qu'il a fait connaître quelques jours après l'autre, est celui qui est maintenant généralement adopté : il ne diffère du précédent que par le point autour duquel il fait tourner la sécante pour qu'elle vienne coïncider avec la tangente. Il considère maintenant la tangente comme déterminée par une droite qui tourne autour du point de contact donné, jusqu'à ce qu'un autre point où elle coupe la courbe, soit venu coïncider avec le premier.

Fig. 5.



Il commence par calculer la position de cette sécante en se donnant le rapport $\frac{g}{h}$ des ordonnées de ces deux points de rencontre; puis il suppose que ce rapport devienne l'unité, et par suite que la différence de leurs abscisses soit zéro; et la position de la sécante devient celle de la tangente.

Soit N (fig. 5) le point de contact donné, N' le point de la courbe pour lequel on a $\frac{\text{NI}}{\text{N'I'}} = \frac{g}{h}$; posons $\text{AI} = x$, $\text{NI} = y$, $\text{TI} = a$, $\text{II'} = e$, on aura $\frac{a}{a+e} = \frac{g}{h}$; d'où $\text{N'I'} = \frac{hy}{g} = \frac{y(a+e)}{a}$ $= y + \frac{ey}{a}$.

Il faut maintenant, dit Descartes, exprimer que N'I' *est*

l'une des ordonnées en la ligne courbe, ce qui se fera en des termes divers suivant les diverses propriétés de cette courbe. Ainsi, en représentant par $F(x, y) = 0$, l'équation entre les coordonnées x, y d'un point quelconque de la courbe, on devra avoir

$$F\left(x + e, y + \frac{ey}{a}\right) = 0, \tag{9}$$

en même temps que $F(x, y) = 0$, puisque le point N est sur la courbe. Dans l'équation (9), x et y sont donnés; a et e sont inconnus, et l'on a déjà l'équation

$$ha = ga + ge.$$

Ces deux quantités sont donc déterminées; la sécante TN sera donc déterminée soit par a, soit par $\frac{y}{a}$, qui est le rapport des accroissements de x et y.

Maintenant, dit Descartes, *pour appliquer tout ceci à l'invention de la tangente, il faut seulement considérer que lorsque* TN *est la tangente, la ligne* N'I' *n'est qu'une avec* NI, *et toutefois qu'elle doit être cherchée par le même calcul que je viens de mettre en supposant seulement la proportion d'égalité, au lieu de celle que j'ai nommée de* g *à* h, *à cause que* N'I' *est rendue à* NI *en tant qu'elle est la tangente (au moins lorsqu'elle l'est) en même façon qu'elle est rendue double ou triple, etc., de* NI *par la même* TN, *en tant qu'elle coupe la courbe en tel ou tel point, lorsqu'elle l'y coupe. Si bien qu'en la seconde équation, au lieu de* ha = ga + ge, *pource que* h *est égal à* g, *on a seulement* a = a + e, *c'est-à-dire* e *égal à rien. D'où il est évident que pour trouver la valeur de la quantité* a, *il ne faut que substituer un zéro en la place de tous les termes multipliés par* e *qui sont en la pre-*

mière équation, c'est-à-dire qu'il ne faut que les effacer. Et ceci est l'élision des homogènes de M. de Fermat, laquelle ne se fait nullement gratis en ce sens-là.

Voilà donc le fondement de la règle....... Mais il est fort vraisemblable que M. de Fermat ne l'a point ainsi entendue....

On peut affirmer, en effet, que Fermat n'envisageait pas la question de cette manière; il n'y a pas ici de maximum : et le calcul, fondé sur une idée différente, est autrement dirigé.

Cette nouvelle méthode appartient donc bien légitimement à Descartes; on peut la résumer en ces termes :

« Substituer dans l'équation de la courbe $F(x, y) = 0$, à « x et y, $x + e$, $y + \frac{ey}{a}$, développer le premier membre de « l'équation $F\left(x + e, y + \frac{ey}{a}\right) = 0$, supprimer les termes « indépendants de e, qui ne sont autre chose que $F(x, y)$, « et se détruisent par conséquent; diviser par e, puis faire « $e = 0$. On obtiendra ainsi l'équation qui détermine la « valeur a de la sous-tangente, ou la limite $\frac{y}{a}$ du rapport des « accroissements infiniment petits e et $\frac{ey}{a}$ des coordonnées x, y. »

Descartes n'a pas écrit ses calculs comme nous venons de le faire; on n'avait pas encore imaginé de signes pour la représentation générale des fonctions; mais ses raisonnements sont indépendants de la forme de l'équation. Pour les réaliser, il prend une courbe déjà choisie par Fermat, savoir :

$$y^3 = mx;$$

substituant

$$x + e \quad \text{et} \quad y + \frac{ey}{a},$$

il vient

$$y^3\left(1 + \frac{3e}{a} + \frac{3e^2}{a^2} + \frac{e^3}{a^3}\right) = mx + me,$$

et comme $y^3 = mx$, on trouve, en divisant par e, puis faisant $e = 0$,

$$\frac{3y^3}{a} = m; \qquad \text{d'où} \quad a = \frac{3y^3}{m} = 3x.$$

(22) L'équation (9) a la même forme que l'équation (8) de la seconde méthode, et la suite du calcul est la même; mais elles diffèrent sensiblement l'une de l'autre, puisque dans cette dernière x et y sont variables, tandis qu'ils sont constants dans l'autre. C'est au reste la seule différence des deux méthodes, qui ont pour objet l'une et l'autre de déterminer la limite de la direction d'une droite qui tourne autour d'un point fixe et coupe une courbe en deux points qui finissent par se confondre; seulement, dans l'une, le point fixe est sur la courbe, et, dans l'autre, en dehors; et, dans les deux cas, le coefficient d'inclinaison de cette direction limite est la limite du rapport de l'ordonnée à la sous-sécante, ou des accroissements infiniment petits de y et x.

Pour reconnaître à laquelle des deux on doit donner la préférence, remarquons d'abord que lorsqu'une droite tourne autour d'un point fixe non situé sur la courbe, il peut arriver que deux de ses points d'intersection viennent coïncider, sans que la droite soit tangente; tandis que si le point fixe est sur la courbe, la réunion d'un second point de rencontre avec celui-là donne toujours pour la sécante ce qu'on doit réellement appeler la direction de la branche de courbe en ce point : et c'est même par cette condition qu'on définit les tangentes. Cette définition renferme d'ailleurs

toutes celles données antérieurement. De plus, dans le cas où les deux points d'intersection se déplacent, le calcul peut présenter des difficultés qu'on ne rencontre pas quand l'un des deux est fixe.

Dans ce dernier cas, en effet, quand on a développé le premier membre de l'équation (9), x et y ayant des valeurs déterminées, on n'a aucune incertitude sur les coefficients des puissances de e. S'il y en a de nuls, on supprime ces termes, et, toutes les réductions étant faites, on divise par la plus faible puissance de e qui reste, puis on fait $e = 0$, et l'équation ainsi obtenue donne la valeur de a relative à la tangente. Si, par exemple $F'(x)$ et $F'(y)$ étaient rendues nulles par les valeurs données de x et y, l'équation (9) serait de la forme

$$e^2\left\{A + B\frac{y}{a} + C\frac{y^2}{a^2}\right\} + R,$$

R renfermant en facteur une puissance de e supérieure à la seconde. Divisant par e^2, puis faisant $e = 0$, on aurait :

$$A + B\frac{y}{a} + C\frac{y^2}{a^2} = 0,$$

qui donnerait deux valeurs pour a ; ce qui en général déterminerait deux tangentes.

Mais dans le cas où x et y sont variables, ce qui arrive quand le point fixe n'est pas sur la courbe, les coefficients que nous venons de désigner par $F'(x)$ et $F'(y)$, A, B, C, sont aussi variables, et s'il y en a qui tendent vers zéro en même temps que e, on ne sait plus quelle puissance de e est facteur du premier membre. Si, par exemple, $F'(x)$ et $F'(y)$ deviennent nulles pour les valeurs limites de x et y, les termes $F'(x)e + F'(y)\frac{ey}{a}$, pour x et y variables, peuvent être

du même ordre en e que ceux qui suivent, et alors ce serait par e^2 qu'il faudrait diviser, et il resterait, en faisant $e = 0$, une équation qui renfermerait tous les coefficients $F'(x)$, $F'(y)$, A, B, C, et ne serait pas la même que celle que donnerait l'autre méthode. C'est ce qui explique comment au même point l'une peut donner la tangente et l'autre une sécante. Il est donc incontestable que la troisième méthode de Descartes, dont le principe est identique avec celui qui est généralement adopté aujourd'hui, mérite la préférence sur la seconde, et bien certainement sur la première.

Remarque. Il faut, dans tous les cas, reconnaître que toutes les méthodes de Descartes sont fondées sur la considération que des lignes droites ou courbes qui ont deux points communs qui se rapprochent indéfiniment, deviennent tangentes lorsque ces deux points coïncident; tandis que la méthode de Fermat que nous avons exposée, et la seule qui ait précédé les deux dernières de Descartes, est fondée sur une considération toute différente, qui est celle du maximum ou du minimum, à laquelle il ramène la tangente sans aucune idée d'infiniment petits.

Autre procédé de Fermat pour ramener les tangentes aux maxima et minima par la considération de la normale.

(23) Cette méthode ne se trouve pas mentionnée dans le recueil des œuvres mathématiques de Fermat; elle est indiquée dans une réponse de Descartes, environ six mois après le commencement de la discussion, et postérieurement à la communication de toutes ses méthodes des tangentes. Elle consiste à regarder la longueur de la normale comme mini-

mum, en laissant fixe le point où elle coupe l'axe, et faisant varier sur la courbe le point où elle la rencontre.

Descartes admet comme exact le principe de cette nouvelle méthode, tout en demandant à Fermat pourquoi il considère plutôt la normale comme minimum que la tangente comme maximum; c'est un point que nous avons assez discuté, et sur lequel nous ne reviendrons pas. Mais c'était encore sans démonstration que Fermat admettait que la longueur de la normale est minimum; c'était peut-être parce qu'il remplaçait la courbe par la tangente, et que la normale est évidemment minimum, si son extrémité se déplace sur la tangente et non sur la courbe.

Cette seconde méthode était donc fondée sur une considération peu rigoureuse, comme celle des maxima sur laquelle il fondait sa première méthode des tangentes.

Mais il y a une observation plus grave à faire à cette occasion relativement aux à-peu-près qu'on se permet souvent quand on traite des infiniment petits. Sans doute la substitution de la tangente à la courbe ne conduit pas à des erreurs à la fin du calcul, tant qu'il ne s'agit que de la direction; mais si l'on admet cela sans démonstration, on est bientôt conduit à en faire autant dans des questions qui dépendent de la courbure, et alors on tombe dans les plus graves erreurs. Ainsi, dans la question actuelle, Fermat se serait trompé s'il avait cru, comme le dit Descartes, que la normale est toujours minimum : car cela n'a lieu que si sa longueur est plus petite que celle du rayon de courbure; elle est maximum si elle est plus grande, et ne serait ni maximum ni minimum si elle lui était égale.

Je sais bien qu'il ne faut pas juger les inventeurs avec la

même sévérité que leurs successeurs; mais il faut toujours reconnaître ce qu'il y a de défectueux dans leurs œuvres, et avec bien plus de scrupule encore que dans celles des hommes médiocres. Un raisonnement insuffisant qui n'a pas conduit à l'erreur un esprit supérieur, peut devenir très-dangereux entre les mains de ceux qui n'auraient pas le même tact, ou peut-être le même bonheur.

Autre méthode des tangentes de Fermat.

(24) Voici comment Fermat commence l'exposition de cette méthode :

Doctrinam tangentium antecedit jamdudum tradita methodus de inventione maximæ et minimæ, cujus beneficio....

Consideramus nempe in plano cujus libet curvæ rectas duas positione datas (diameter et applicata). Deinde jam inventam tangentem supponentes ad datum in curva punctum, proprietatem specificam curvæ non in curva ampliùs, sed in invenienda tangente per æqualitatem consideramus : et elisis quæ monet doctrina de maxima et minima....

Il est évident par là que Fermat considère sur la tangente même un point différent du point de contact, et le regarde comme satisfaisant à l'équation de la courbe ; c'est-à-dire, en employant les formes précédentes, qu'il pose l'équation $F\left(x + e, y + \frac{ey}{a}\right) = 0$; a désignant la sous-tangente et non la sous-sécante, puisque le second point dont l'abscisse est $x + e$ est sur la tangente même et non sur une sécante. Mais on ne voit nullement ici qu'il y ait lieu d'appliquer la doctrine des maxima et minima, puisqu'il exprime seulement que

la tangente a un second point commun avec la courbe. Dans sa première méthode, au contraire, on voit bien par l'inégalité qu'il pose, dans l'exemple de la parabole, que le rapport $\frac{y^2}{x}$ est un minimum au point de contact, pour les points de la tangente. Cette nouvelle méthode est donc entièrement différente de la première. Elle ne diffère de la troisième de Descartes qu'en ce qu'il prend le second point commun sur la tangente, ce qui n'est pas exact ; elle ne peut être justifiée que par les raisonnements de Descartes, et n'est par conséquent que la méthode même de ce dernier, moins la rigueur. Et comme la correction indiquée par Descartes était connue de Fermat, il est difficile de s'expliquer comment il n'a pas reconnu cette identité, et comment il a pu croire qu'il ne faisait que reproduire sa première. C'était, au reste, donner le droit à Descartes de dire, comme il le faisait, que c'était lui qui avait fait comprendre à Fermat sa première méthode. Voici quelques passages et quelques expressions tirées d'une longue lettre au père Mersenne, où il expose un grand nombre de ses griefs :

Je leur ai mandé tout au long ce qui devait être ajouté à la règle dont il était question pour la rendre vraie... Depuis ce temps-là, soit que ce que j'avais corrigé en cette règle lui ait donné plus de lumière, soit qu'il ait eu plus de bonheur qu'auparavant; enfin (quod felix faustumque sit), *après six mois de délai, il a trouvé le moyen de la tourner d'un nouveau biais par l'aide duquel il exprime en quelque façon cette tangente* (à la courbe qu'il avait proposée)... *Je ne m'arrêterai point ici à dire que ce nouveau biais qu'il a trouvé était très-facile à rencontrer et qu'il l'a pu tirer de ma géométrie, où je me sers*

d'un semblable moyen pour éviter l'embarras qui rend sa première règle inutile en cet exemple, et que par là il n'a point satisfait à ce que je lui avais proposé, qui n'était point de trouver cette tangente, vu qu'il la pouvait avoir de ma géométrie, mais de la trouver en ne se servant que de sa première règle, puisqu'il l'estimait si générale et si excellente;... c'est un témoignage qu'il n'a rien eu du tout à y répondre, et même qu'il ne sait pas encore bien le fondement de sa règle, puisqu'il n'en a point envoyé la démonstration, nonobstant que vous l'en ayez ci-devant pressé, et qu'il l'eût promise, et que ce fût l'unique moyen de prouver sa certitude, laquelle il a tâché inutilement de persuader par tant d'autres voies. Il est vrai que depuis qu'il a vu ce que j'ai mandé y devoir être corrigé, il ne peut plus ignorer le moyen de s'en servir, mais s'il n'a point eu de communication de ce que j'ai mandé depuis à M. Hardi, touchant la cause de l'élision de certains termes, qui semblent s'y faire gratis, je le supplie très-humblement de m'excuser si je suis encore d'opinion qu'il ne la saurait démontrer. Au reste, je m'étonne extrêmement de ce qu'il veut tâcher de persuader que la façon dont il trouve cette tangente est la même qu'il avait proposée au commencement, et de ce qu'il apporte pour preuve de cela qu'il s'y sert de la même figure, comme s'il avait affaire à des personnes qui ne sussent pas seulement lire, car il n'est besoin que de lire l'un et l'autre écrit pour connaître qu'ils sont très-différents.

Je m'étonne aussi de ce que, nonobstant que j'aie clairement démontré tout ce que j'ai dit devoir être corrigé en sa règle, et qu'il n'ait donné aucune raison à l'encontre, il ne laisse pas de dire que j'y ai mal réussi, au lieu de quoi je me persuade qu'il m'en devrait remercier; et même il ajoute que j'ai failli

pour avoir dit qu'il fallait donner deux noms à la ligne qu'il nomme B, etc... Ce qui ne réussit, dit-il, qu'aux questions qui sont aisées, au lieu qu'il devrait dire que c'est donc lui-même qui avait failli, à cause que j'ai suivi en cela son texte mot par mot, ainsi que j'ai dû faire pour le corriger. Est-ce pas une chose bien admirable qu'il veuille que j'aie trouvé en sa règle, il y a six mois, ce qu'il n'y a changé que depuis trois jours?

On voit clairement par ces divers passages que Descartes regarde cette méthode comme tout autre que la première de Fermat, ce qui est au reste de toute évidence; et qu'il suppose que la correction indiquée par lui, et connue de Fermat, et constituant ce que nous avons nommé la seconde méthode de Descartes, a pu lui donner quelque lumière à cet égard; ce qui est encore très-vrai. Il ajoute qu'il pense encore que M. de Fermat ne saurait la démontrer s'il n'a pas eu communication de sa lettre à M. Hardi. Il est bien probable que cette communication a eu lieu; mais ce qui précédait était bien suffisant, comme nous l'avons fait voir en développant la seconde méthode de Descartes. Et, dans tous les cas, même quand Fermat n'aurait rien su de ce qu'il est certain qu'il a connu, on ne pourrait enlever à Descartes la priorité d'une méthode qu'il avait fait connaître six mois avant que Fermat en fît connaître une, identique au fond, mais dont l'exposition est dépourvue de rigueur, et pouvait sembler ne conduire peut-être qu'à une approximation.

Démonstration de Hughens, de la méthode des tangentes de Fermat.

(25) Hughens commence par les réflexions suivantes :
« Idem Fermatius linearum curvarum tangentes regulâ « sibi peculiari inquirebat, quam Cartesius suspicabatur non « satis ipsum intelligere quo fundamento niteretur, ut ex « epistolis ejus hâc de re scriptis apparet. Sanè in Fermatii « operibus post mortem editis nec bene expositus est regulæ « usus, nec demonstrationem ullam adjectam habet. Carte- « sium verò in his quas dixi litteris rationem ejus aliquatenùs « assecutum invenio, nec tamen tam perspicue eam expli- « cuisse quam per hæc quæ nunc trademus fiet, quæ jam olim « multò ante istas litteras vulgatas conscripsimus. » Cela posé, il considère sur la courbe un point infiniment près du point donné, dont les coordonnées sont x, y ; il représente ses coordonnées par $x + e$ et $y + \frac{ey}{a}$, a désignant la sous-sécante, et exprime que ces nouvelles valeurs satisfont à l'équation de la courbe; il remarque que les termes indépendants de e se détruisent, et divise par e ceux qui restent, puis fait $e = 0$; la valeur de a tirée de l'équation ainsi obtenue est celle de la sous-tangente, qui n'est autre chose que ce que devient la sous-sécante quand le second point d'intersection est venu coïncider avec le premier. Il est difficile d'apercevoir la moindre différence réelle entre cette méthode et celle de Descartes, que Hughens reconnaît comme satisfaisante jusqu'à un certain point, mais cependant moins claire que celle qu'il donne. Nous ne sommes pas de cet avis et nous ne

répéterons pas ce que nous avons suffisamment établi, que cette méthode, attribuée à Fermat par Hughens, appartient à Descartes seul; erreur qui se conçoit facilement au milieu de la confusion qui résultait de tous les changements, explications ou corrections, proposés dans le cours de cette discussion.

Opinion de Lagrange sur les méthodes de Fermat.

(26) On trouve dans les *Leçons sur le calcul des fonctions* les passages suivants :

On peut regarder Fermat comme le premier inventeur des nouveaux calculs..... Il pose pour le maximum de F(x)

$$F(x + e) = F(x).$$

Sa méthode des tangentes dépend des mêmes principes. Il augmente ou diminue l'abscisse d'une indéterminée e *et regarde la nouvelle ordonnée comme appartenant à la fois à la courbe et à la tangente ; ce qui fournit une équation qu'il traite comme celle de la méthode des maxima et minima,*

$$F\left\{x + e,\ y\frac{(t+e)}{t}\right\} = 0.$$

Après les réductions on divise par e *et on supprime ceux où reste* e. *D'où* t *en* x *et* y.

Lagrange dit que les deux méthodes dépendent *des mêmes principes ;* mais il ne rapporte que les procédés de calcul et ne dit rien des principes sur lesquels ils se fondent; c'était cependant ce qui offrait le plus d'intérêt. Il ne distingue nullement la première méthode des tangentes de Fermat, de la dernière qui est la seule dont il parle, parce que peut-être il

aura cru, d'après le langage de Fermat, qu'elles ne différaient pas l'une de l'autre. Nous regrettons qu'il ne les ait pas comparées avec plus d'attention et surtout qu'il n'ait pas assez pris connaissance des lettres de Descartes d'où nous avons tiré tous les éléments de notre discussion, qu'il aurait alors rendue tout à fait inutile.

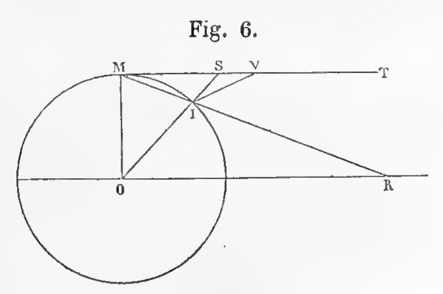
Nous croyons donc pouvoir répéter, même après la lecture des passages cités de notre grand géomètre :

La première méthode des tangentes de Fermat est ramenée rigoureusement à l'expression d'un maximum ou d'un minimum; et sa méthode du maximum est fondée sur ce principe que les variations d'une quantité à partir d'une valeur maximum ou minimum sont insensibles par rapport à celles de la variable dont elle dépend. Ce principe dû à Képler n'est donc directement employé par Fermat que pour les maxima, et non pour les tangentes, au moins dans sa première méthode.

Quant à la seconde méthode, la seule dont parle Lagrange, on peut hésiter pour dire à quel principe il la rapportait. Comme le procédé est le même que celui de Descartes, il est naturel de supposer que le principe en est le même, comme nous l'avons dit, moins la rigueur. Mais admettons qu'il en diffère, et qu'on puisse dire avec Lagrange qu'il est le même que celui du maximum : c'est-à-dire que Fermat ait considéré la tangente comme si voisine de la courbe, que pour un accroissement indéterminé e de l'abscisse du point de contact la différence des ordonnées de la courbe et de la tangente est insensible relativement à e. S'il en était ainsi, Fermat aurait eu le tort de ramener la théorie des tangentes à un principe non démontré, tandis que le procédé même qu'il indique était rigoureusement établi par Descartes.

(27) Au reste, ce principe relatif à l'ordre infinitésimal des parties de sécantes interceptées par une courbe et sa tangente, dans le voisinage du point de contact, ne serait pas d'une origine aussi rapprochée de nous qu'on pourrait le croire; il ne serait réellement qu'une extension, arbitrairement faite, d'un théorème rigoureusement démontré pour le cercle par Archimède. Ce grand géomètre a, le premier, considéré les infiniment petits dans les limites de leurs sommes, mais nullement dans les limites de leurs rapports. Cela tient à ce qu'il s'est plus occupé de la mesure des grandeurs, que de la généralisation des questions de tangentes : il a laissé à Descartes la gloire de faire le premier pas dans cette voie.

Fig. 6.



Néanmoins il lui est arrivé une fois d'avoir à comparer deux infiniment petits, et dans un cas où l'un était infiniment petit par rapport à l'autre. Dans son livre des hélices il considère un cercle, une tangente MT (fig. 6), une sécante partant du centre O, et rencontrant le cercle en I et la tangente en S ; et il démontre que le rapport de IS à la corde MI et *à fortiori* à l'arc MI peut devenir moindre que tout rapport donné en prenant MI suffisamment petit.

Il est bien facile d'étendre cette conclusion à une sécante d'une direction arbitraire IV pourvu que sa direction ne

tende pas vers celle de la tangente; car le rapport de IS à IV restera fini.

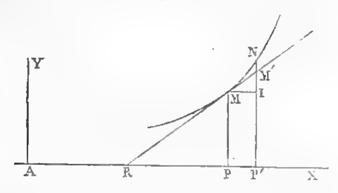
Il était naturel de penser que la même proposition s'étendait à toutes les courbes; mais cela ne peut être regardé que comme une induction : ce serait admettre par exemple que l'on peut en général supposer un cercle tangent à la courbe au même point que la droite, et dont les points dans le voisinage du point de contact seraient plus éloignés de la tangente que ceux de la courbe. Mais cela a d'autant plus besoin d'être discuté, que cela n'a pas toujours lieu.

Si ç'a été l'idée de Fermat, il est à regretter qu'il n'ait pas préféré reconnaître la supériorité de celle de Descartes, s'il l'a connue, comme cela est présumable.

Comment Fermat introduit les arcs infiniment petits. Triangle dit de Barrow.

(28) En appliquant sa méthode des tangentes à la cycloïde, dont l'équation renferme des arcs de cercle et des lignes droites, Fermat se trouva conduit à des équations renfermant des accroissements infiniment petits d'arcs de cercle et de lignes droites. Il prit alors, au lieu de ces arcs infiniment petits, les portions de tangentes ayant même projection sur l'axe; et il dit que l'on peut faire la même substitution dans le cas de courbes différentes du cercle. C'était là une chose très-importante, quoiqu'elle n'eût pas encore le degré de rigueur nécessaire; c'était ramener les longueurs des courbes à celles des droites, au moins dans le cas où elles sont infiniment petites.

Fig. 7.



Ainsi soit MR (fig. 7) la tangente en M à une courbe quelconque, M′ un point de cette tangente, infiniment voisin de M, et correspondant à l'accroissement infiniment petit PP′ de l'abscisse AP; N le point de la courbe qui se projette en P′. Fermat considère le point M′ comme s'il était le point N lui-même, et la droite MM′ comme si elle était l'arc MN de la courbe; de sorte que les trois côtés du triangle infinitésimal MM′I sont pris pour les accroissements correspondants de l'abscisse, de l'ordonnée, et de l'arc de la courbe; et les deux triangles MNI, MM′I sont regardés comme identiques. C'est ce même triangle que Barrow a employé de la même manière et auquel son nom est resté attaché; mais si l'on voulait continuer à le désigner par le nom de son inventeur, il est évident qu'il ne faudrait plus l'appeler *le triangle de Barrow*, mais *le triangle de Fermat*.

TROISIÈME PARTIE.

COMMENT FERMAT A APPLIQUÉ SA MÉTHODE DES MAXIMA ET MINIMA A LA RECHERCHE DES CENTRES DE GRAVITÉ.

---

(29) Fermat annonce qu'il va déterminer les centres de gravité *perpetua et constanti qua maximam et minimam et tangentes linearum curvarum investigavimus methodo ; ut novis exemplis et novo usu, eoque illustri, pateat falli eos qui fallere methodum existimant.*

Ce passage pourrait laisser incertain si Fermat veut dire qu'il ramène les tangentes et les centres de gravité aux maxima et minima, ou s'il ramène cette dernière théorie, ainsi que les autres, à une même méthode générale ; mais aucun doute ne peut rester après la lecture de cet autre passage :

Ex prædicta methodo de maximis et minimis derivantur artificio singulari inventiones centrorum gravitatis, ut aliàs indicavi.

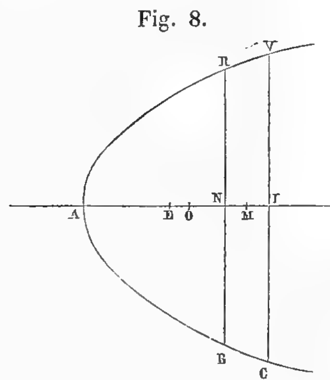
C'est donc bien à la méthode même des maxima et minima qu'il ramène la détermination des centres de gravité.

Pour expliquer son procédé il choisit, comme exemple, le conoïde parabolique, et c'est dans ce calcul que nous le suivrons.

Soit ACV (fig. 8) le conoïde proposé, O son centre de gravité, $AI = b$, $AO = a$; il admet démontré par les mêmes raisonnements qu'Archimède a employés dans le cas de la pa-

rabole, que le rapport $\frac{\mathrm{AI}}{\mathrm{AO}}$ resterait constant si l'on faisait varier la hauteur AI du conoïde.

Fig. 8.



Cela posé, il diminue cette hauteur d'une quantité indéterminée $\mathrm{IN} = e$; le centre de gravité E du nouveau conoïde ARB sera à une distance de O, qui se déterminera facilement d'après la proportion admise. On aura, en effet :

$$\frac{\mathrm{AE}}{\mathrm{AN}} = \frac{\mathrm{AO}}{\mathrm{AI}} = \frac{\mathrm{EO}}{\mathrm{NI}}, \qquad \text{d'où} \quad \mathrm{EO} = \frac{ae}{b}.$$

On aura une autre relation par le principe de la composition des forces parallèles. En effet, le poids du conoïde ACV est la résultante des poids de ces deux parties ABR, BRVC; O est le point d'application de la résultante, E celui de la composante ARB : soit M, entre N et I, celui de la composante BRVC; on aura la proportion

$$\mathrm{EO} : \mathrm{OM} :: \mathrm{BRVC} : \mathrm{ARB}.$$

Or on sait qu'en coupant le paraboloïde par des plans perpendiculaires à son axe les volumes déterminés, à partir du sommet, sont entre eux comme les carrés de leurs hauteurs; on peut donc remplacer AVC, ARB par b^2, $(b - e)^2$ et

leur différence BRVC par $b^2 - (b - e)^2$ ou $2be - e^2$: la proportion précédente deviendra donc

$$EO : OM :: 2be - e^2 : (b - e)^2.$$

Remettant pour EO la valeur trouvée précédemment, on obtiendra

$$(\alpha) \qquad OM = \frac{ae(b - e)^2}{b(2be - e^2)} = \frac{a(b - e)^2}{b(2b - e)}.$$

Or, dit Fermat, on a toujours $OM < OI$ ou $b - a$; *deducta est igitur quæstio ad methodum, et adæquentur* $OM = b - a$. Mais il a égalé $b - a$ à la valeur de OM non débarrassée du facteur e, au moins inutile, et en chassant les dénominateurs, il a eu

$$(2b^3 - 3ab^2)e + (3ab - b^2)e^2 - ae^3 = 0.$$

Divisant par e, puis faisant $e = 0$, il obtient $2b^3 - 3ab^2 = 0$; d'où

$$a = \frac{2b}{3},$$

ce qui détermine bien la position du centre de gravité O du conoïde, qui était déjà connue du temps d'Archimède.

(30) Telle est la solution donnée par Fermat, et sur laquelle nous allons faire quelques observations. La plus grave consiste en ce qu'on n'a $OM < OI$ que lorsqu'on prend le point N à gauche de I; et si on le prenait à droite on aurait $OM > OI$. Donc OM n'est ni maximum ni minimum lorsque e devient nulle, et par conséquent c'est à tort que Fermat dit : *deducta est igitur quæstio ad methodum*. Or, il n'est pas présumable qu'il ne se soit pas aperçu que si le point N était pris à droite de I, le point M passerait du même côté, et que par conséquent son inégalité n'avait pas lieu de quelque côté que fût N. Mais alors il faudrait donc admettre qu'il

supposait suffisant pour l'application de sa méthode, que l'inégalité eût lieu d'un seul côté. On est forcé de choisir entre ces deux erreurs. Dans cette dernière hypothèse, il aurait fait là précisément la même chose que Descartes, lorsqu'il prétendait que la règle de Fermat aurait dû donner la tangente comme la plus grande valeur des sécantes menées à la partie convexe de la courbe. Les reproches de Roberval à Descartes sur ce qu'il ne considérait qu'un côté de la courbe, auraient donc été bien injustes, puisque Fermat croyait appliquer sa méthode en ne considérant qu'un seul côté du point I. Combien Descartes aurait triomphé s'il avait aperçu cette erreur de son adversaire!

Malheureusement pour lui, il ne l'a pas reconnue, et sur cette solution il s'est borné à dire :

Le centre de gravité du conoïde parabolique de M. de Fermat se peut trouver fort aisément par la même façon dont Archimède a trouvé celui de la parabole, sans qu'il soit aucunement besoin pour cela de se servir de sa méthode; et n'était qu'il faut du temps, pour en faire le calcul, et que vous m'avez taillé assez d'autre besogne en vos dernières, je vous l'enverrais, mais je le néglige comme facile; je vous dirai seulement que je n'ai point encore vu qu'il ait donné aucun exemple de sa méthode qu'on ne puisse aisément trouver sans elle; ce qui me fait croire qu'il n'en est pas lui-même fort assuré.

Comment il était naturel que Fermat raisonnât.

(31) Fermat était parvenu par une considération très-ingénieuse à l'équation (α) entre les distances du point inconnu

O aux deux points A et M, dont le dernier se confondait avec le point connu N, pour $e=0$. Il suffit donc de faire $e=0$ dans l'équation (α) pour avoir une équation entre les distances de O aux deux points connus A et N; ce qui le déterminait complétement. On trouve ainsi, en remarquant que ON est $b-a$,

$$b-a=\frac{ab^2}{2b^2}=\frac{a}{2};\qquad \text{d'où}\quad a=\frac{2b}{3}.$$

Mais ON en devenant $b-a$ pour $e=0$, n'est ni un maximum ni un minimum, et ce n'était pas le lieu d'y appliquer cette théorie. Aussi ne l'applique-t-il pas, quoi qu'il en dise, puisqu'il n'égale pas deux valeurs d'une même fonction, relatives à deux valeurs infiniment voisines, de la variable dont elle dépend.

Si Fermat avait fait son calcul en prenant la valeur de OM débarrassée du facteur commun e, et qu'il eût alors posé

$$b-a=\frac{a(b^2-2be+e^2)}{2b^2-be},$$

d'où il aurait tiré, en chassant le dénominateur,

$$2b^3-3ab^2+(3ab-b^2)e-ae^2=0,$$

il aurait vu que les termes indépendants de e ne se détruisaient pas d'eux-mêmes comme dans les questions de maximum, où l'équation est de la forme $F(x)=F(x+e)$, et il en aurait conclu sans doute que cette théorie n'était pour rien dans la question actuelle. Il est probable qu'il eût été plus loin, et qu'il aurait conclu, comme nous l'avons fait, que OM devenait tout simplement égal à $b-a$ pour $e=0$, ce qui lui donnait immédiatement la valeur de a. Il est malheureux que le grand désir d'appliquer sa méthode des maxima et minima l'ait conduit à commettre l'une des deux erreurs que

j'ai indiquées ; et je crains bien que ce ne soit la plus grave qu'il ait commise, celle qui aurait justifié la première attaque de Descartes, et qui tenait au fond même de la méthode.

(32) Le moyen par lequel Fermat a obtenu l'équation (α) mérite d'être particulièrement remarqué ; c'est celui qu'on emploie souvent pour trouver les équations différentielles. Ainsi, en désignant AI et AO par x et x_1, la proportion qu'il pose peut s'écrire ainsi, en négligeant les infiniment petits d'un ordre supérieur au premier :

$$dx_1 : x - x_1 :: 2ex : x^2 :: 2dx : x;$$

d'où

$$\frac{dx_1}{dx} + \frac{2x_1}{x} - 2 = 0.$$

On trouve en l'intégrant

$$x_1 = \frac{2}{3}x + \frac{C}{x^2}.$$

La constante arbitraire C se déterminera en remarquant qu'on doit avoir $x_1 = 0$ pour $x = 0$; donc C est nul et l'on a

$$x_1 = \frac{2}{3}x;$$

ce qui est la solution déjà trouvée.

En adoptant la proposition d'où il part, que $\frac{x_1}{x}$ est constant, on aurait $\frac{dx_1}{dx} = \frac{x_1}{x}$, et l'équation différentielle se réduirait à $\frac{3x_1}{x} = 2$, d'où $x_1 = \frac{2x}{3}$.

Mais dans toutes les recherches de centre de gravité, c'est le théorème des moments que l'on emploie et non l'intégration des équations différentielles : au reste, dans le cas général, l'équation serait linéaire, et son intégration ramènerait précisément au même résultat que la quadrature à laquelle conduit le théorème des moments.

Nous croyons donc que malgré ce qu'il y a de défectueux dans sa théorie des centres de gravité, on serait injuste si on n'y reconnaissait pas un véritable titre de gloire pour Fermat. L'idée ingénieuse et féconde qu'elle renferme, et qu'on n'y a pas assez remarquée, consiste à faire varier infiniment peu les quantités entre lesquelles on veut trouver une relation, et à chercher entre ces quantités et leurs accroissements une relation, qui est toujours plus facile à établir à cause des quantités que la doctrine actuelle des infiniment petits permet de négliger sans craindre d'erreur dans les résultats.

Lorsque Fermat eut ainsi obtenu entre les accroissements EO et e, de x_1 et x, son équation différentielle

$$\text{EO} : \text{OM} \;.\!:\; 2be - e^2 : (b - e)^2,$$

il ne pouvait penser à autre chose qu'à éliminer e en remplaçant EO par sa valeur, et c'est ce qu'il a fait. Il ne restait plus qu'à en tirer la valeur de OM pour $e = 0$; ce que malheureusement il n'a pas fait, parce qu'il songeait trop à trouver des applications de sa théorie des maxima.

CONCLUSIONS.

La discussion étendue à laquelle nous venons de nous livrer nous paraît entraîner rigoureusement, comme conséquences, les propositions suivantes :

1° La méthode des maxima et minima de Fermat est fondée sur un principe énoncé d'abord par Kepler, et admis sans démonstration; ce principe consiste en ce que, lorsqu'une quantité variable acquiert une valeur maximum ou minimum, les changements qu'elle éprouve à partir de cette valeur, et correspondants à de très-petits changements de la variable dont elle dépend, sont insensibles par rapport à ces derniers.

2° La démonstration de cette méthode, donnée par Hughens après la mort de Fermat, n'est autre chose que la correction indiquée dès l'origine par Descartes pour la rendre exacte et rigoureuse.

3° La première méthode algébrique pour la détermination des tangentes aux courbes dont on a l'équation, a été donnée par Descartes, et se fonde sur cette considération, que si deux courbes se coupent, et que deux de leurs points

communs se rapprochent indéfiniment, elles deviennent tangentes lorsque ces deux points viennent à coïncider.

4° La méthode des tangentes de Fermat, publiée postérieurement à celle-ci, est fondée sur la considération très-différente des maxima et minima. Elle est d'une application plus limitée que celle de Descartes, et moins rigoureusement établie, puisque celle des maxima et minima se fonde sur un principe non démontré.

5° Les suppositions faites jusqu'ici, sur la quantité considérée dans cette méthode comme maximum ou minimum, ne sont pas admissibles, parce qu'elles se rapportent au déplacement du point sur la courbe, tandis que Fermat regarde ce déplacement comme effectué sur la tangente. L'explication donnée pour la première fois dans ce Mémoire est la seule qui puisse s'accorder avec les écrits de Fermat.

6° Cette méthode, dont le principe n'était même pas énoncé nettement par Fermat, a été attaquée de bonne foi par Descartes, et mal défendue par Roberval, qui en rejetait même la considération du maximum. Fermat n'a pas répondu; et son erreur dans la question des centres de gravité aurait donné plus de force aux objections de Descartes, si on s'en était aperçu.

7° Descartes, en cherchant à corriger la règle de Fermat, trouva une nouvelle méthode fondée sur cette considération, que la tangente est la dernière position d'une sécante qui tourne autour du pied de la tangente, jusqu'à ce que deux de ses points d'intersection avec la courbe viennent coïncider. Regardant à tort cette méthode comme un perfectionnement de celle de Fermat, on conçoit qu'il ait toujours persisté à dire que c'était lui qui avait fait comprendre à ce

dernier sa propre règle, et qu'il ait soutenu qu'alors elle rentrait réellement dans la sienne, dont le principe était la coïncidence de deux points d'intersection, exprimée par l'égalité de deux racines d'une équation.

8° Enfin Descartes, quelques jours après avoir fait connaître cette nouvelle méthode, en communiqua au père Mersenne une dernière, différant de la précédente en ce qu'il fait tourner la sécante autour du point de contact donné, jusqu'à ce qu'un autre point d'intersection vienne coïncider avec lui. Ce point de vue est celui qui a été définitivement adopté par les géomètres. Il conduit aux mêmes calculs que le précédent; on peut les résumer de la manière suivante, en représentant par $F(x, y) = 0$ l'équation de la courbe :

Poser les deux équations

$$F(x, y) = 0, \quad F\left(x + e, \ y + \frac{ey}{a}\right) = 0;$$

supprimer dans la seconde, transformée s'il est nécessaire, les termes qui se détruisent en vertu de la première, puis diviser par e, et faire ensuite $e = 0$. La valeur de a, tirée de cette dernière équation, sera celle de la sous-tangente.

9° Au milieu de la discussion, Fermat a indiqué une autre manière de ramener la théorie des tangentes à celle des maxima et minima; et c'est en considérant sans démonstration la normale comme la plus courte distance de son pied à la courbe.

10° Enfin Fermat a considéré la tangente comme ayant un second point, infiniment voisin, commun avec la courbe, et par conséquent l'équation de celle-ci comme satisfaite par x, y, et en même temps par $x + e$, $y + \frac{ey}{a}$, a désignant

alors la sous-tangente, et non la sous-sécante comme dans la méthode de Descartes. Le reste du calcul est le même, et cette méthode n'est autre chose que celle de Descartes, moins la rigueur. Mais Fermat ne déclarant pas qu'il change de point de vue, on a pu croire que cette nouvelle méthode ne différait pas de la première, et lui attribuer ainsi, comme l'a fait Lagrange, ce qui appartient à Descartes.

11° Fermat est le premier qui ait introduit les arcs infiniment petits dans le calcul, en leur substituant les parties de leurs tangentes ayant même projection. Le triangle infinitésimal, communément appelé triangle de Barrow, devrait donc être appelé le triangle de *Fermat*.

12° Fermat a voulu appliquer sa méthode des maxima et minima à la recherche des centres de gravité; mais ce genre de questions ne s'y prêtait pas, et il y a commis une erreur qui justifierait peut-être une des attaques de Descartes contre sa méthode des maxima et minima. Toutefois, il y a dans ce procédé défectueux une idée très-remarquable, qui consiste à faire varier infiniment peu les quantités entre lesquelles on veut trouver une relation, et à chercher entre ces quantités et leurs variations une relation, qui est toujours plus facile à établir à cause des quantités qu'on a le droit de négliger dans les calculs d'infiniment petits.

OBSERVATIONS

SUR LE DÉVELOPPEMENT

DES

PREMIERS RUDIMENTS DE L'EMBRYON

PAR M. SERRES

Dans l'histoire du développement de l'embryon des oiseaux, la manifestation des premiers rudiments de l'embryon est le point tout à la fois le plus élevé et le plus difficile de l'embryogénie. L'observation porte sur des objets si délicats, sur des nuances souvent si fugaces, que, malgré l'attention

Nota. — Ces observations sont le complément du chapitre XVII du travail sur les principes de l'embryogénie, de la zoogénie et de la tératogénie, qui forme le tome XXV des Mémoires de l'Académie des Sciences.

42.

la plus suivie, on est exposé quelquefois à se méprendre sur la signification des phénomènes, que l'on ne peut bien voir qu'à l'aide du microscope.

De là, la diversité d'opinions émises au sujet des plis primitifs et de la ligne centrale qui vient plus tard s'interposer entre eux; ligne que nous nommerons *secondaire*, pour exprimer l'ordre relatif de son apparition : plis et ligne qui ouvrent le développement de l'embryogénie des oiseaux.

Jusqu'à la moitié du premier jour de l'incubation, aucune partie de l'embryon ne commence à se former; ce n'est que vers la quinzième heure qu'on en aperçoit les premiers rudiments, et ces premiers rudiments sont, en premier lieu, les deux plis primitifs conformément à la loi de symétrie, et, en second lieu, la ligne secondaire qui vient s'interposer entre eux conformément aussi à la loi d'homœozygie.

Si, vers la fin de la quinzième heure de l'incubation, on observe la surface du disque prolifère, on remarque que le changement qu'il éprouve consiste dans la manifestation de deux plis, placés à une certaine distance de son centre. Leur formation paraît produite par le soulèvement des lames dont se compose la membrane blastodermique. En dehors et en dedans de ces plis, le reste de la surface de ce disque ne subit aucun changement, aucune modification apparente. Par l'effet mécanique de leur soulèvement, les plis primitifs laissent entre eux et en dedans une petite surface plane du disque qui leur est intermédiaire et qui les unit en quelque sorte. Cette surface plane, qui va de l'un à l'autre des plis, est la *bandelette axile* du disque blastodermique et prolifère, dont la transparence permet de voir les corps qui sont placés audessous.

Dans cette première métamorphose, il n'y a pas encore de ligne secondaire qui se soit produite : la bandelette axile en tient la place. Or, comment va se produire cette ligne? Se formera-t-elle sur la bandelette axile interposée entre les plis? ou bien cette lame restera-t-elle étrangère à sa manifestation? De la solution de cette question dépend, comme on le voit, non-seulement le mécanisme de la formation de la ligne secondaire, mais encore la détermination de l'origine et du siége des premiers rudiments de l'embryon. Et de là, dans la théorie épigénique des développements, l'intérêt qui s'attache à cette seconde métamorphose du disque prolifère.

Supposez, en effet, que par la marche des développements, les deux plis primitifs se rapprochent l'un de l'autre : n'est-il pas évident que le résultat de ce rapprochement sera de diminuer l'étendue déjà si minime de la bandelette axile qui les sépare? mais, tout en se rétractant, cette bandelette restera toujours interposée entre eux ; elle formera en quelque sorte une espèce de coin qui empêchera les bords internes des plis de se toucher immédiatement et de se confondre. Les bords internes des plis n'étant pas d'abord amenés au contact immédiat, une rainure, un vide restera entre eux, et ce vide, cette rainure constituera la ligne secondaire, au fond de laquelle sera présente la bandelette axile rétractée, et tellement amincie qu'elle devient transparente.

Selon Pander, le mécanisme de cet amincissement réside dans le feuillet muqueux dont les globules qui le constituent se retirent vers le bourrelet des plis primitifs. Ce mécanisme, ainsi que la manifestation de la ligne secondaire telle que nous venons de la présenter, et tels que nous les avons décrits avec détail dans les *Archives du Muséum* en 1839,

ont été très-bien exprimés par M. Coste de la manière qui suit : « Les deux lignes dont il s'agit sont les faisceaux qui « composent ou qui composeront le cerveau et la moelle « épinière. Il faut, pour apprécier ce qui va suivre, se défen- « dre de l'idée que ce sont là deux lames médullaires « libres; on peut constater avec quelques soins que ce sont « deux bourrelets formés dans l'épaisseur de la membrane, « et dont on prendrait une idée assez exacte en les compa- « rant à deux demi-cylindres qui se correspondraient par « leur surface convexe. Tout est continu néanmoins, parce « que ces deux bourrelets sont nés dans l'épaisseur d'une « membrane; mais ces renflements s'étant opérés dans des « points assez distants entre eux, il faut qu'ils s'accroissent « pour finir par s'entre-toucher.

« C'est ainsi qu'il faut entendre l'union mutuelle des deux « bourrelets, par la tangente de la surface convexe des deux « demi-cylindres : ils n'étaient pas libres auparavant, mais « ils étaient séparés par un intervalle rempli par une mem- « brane transparente et dont l'épaisseur a diminué à me- « sure que les bourrelets se sont accrus : la membrane « intermédiaire qui, dans ce point central, avait plus d'épais- « seur que dans la circonférence, semble être réduite par « la prospérité même des bourrelets, à en juger par la « transparence qu'elle y a acquise. Mais enfin ce point in- « termédiaire est envahi par les progrès de l'accroissement « des bourrelets; ils se touchent, ils se confondent dans ce « point. Lorsque les deux bourrelets sont sur le point de « se toucher, la lumière qu'ils interceptent par leurs sur- « faces obliques donne à ce point de contact l'aspect d'une « ligne noire et déliée. Mais comme dans l'extrémité cépha-

« lique les bourrelets s'accroissent et s'unissent plus rapide-
« ment, qu'ils y sont unis dans de grandes surfaces, lorsque
« dans tout le reste ils sont seulement rapprochés, le
« même jeu de la lumière donne à l'extrémité de cette ligne
« noire un renflement ombré qui est loin d'exprimer ce
« que MM. Prévost et Dumas ont pensé. La prévention de
« l'*animalcule spermatique* logé dans un cercle a tellement
« préoccupé ces habiles observateurs, qu'ils ont cru en
« reconnaître les formes dans l'illusion d'optique dont nous
« parlons. Pour éviter cette erreur, il suffit d'examiner avec
« la même attention toute la longueur de la moelle épi-
« nière à divers degrés de sa formation. On s'assurera
« aisément ainsi que l'union des deux faisceaux se fait
« d'abord dans la région du cerveau et dans celle du dos,
« mais qu'elle se fait plus lentement dans les régions cer-
« vicale, lombaire et caudale. Or, dans les points déjà
« réunis, on verra, soit la ligne noire étroite, soit une om-
« bre plus large et plus vague dans ses contours, suivant
« la largeur du contact, et dans les points où l'union n'est
« pas accomplie, ceux même où l'approche n'est pas com-
« plète, une vive lumière passer entre les deux faisceaux
« par des espaces quelquefois très-petits, et enfin les deux
« contours de chaque faisceau nerveux se profiler par une
« ligne noire en tout semblable à celle du point de contact
« quand il a lieu (1). »

---

(1) *Recherches sur la génération des Mammifères*, par M. Coste, suivies de *Recherches sur la formation des Embryons*, par MM. Delpech et Coste, p. 77, 78 et 79.

La formation de la ligne secondaire par le rapprochement homœozygique des deux lignes primitives et l'effacement de la bandelette axile, est surtout rendue manifeste, quand on est assez heureux pour la voir se développer en place. Le 1er août 1843, nous ouvrîmes un œuf de la vingtième heure de l'incubation et nous laissâmes en place le disque prolifère : sur sa surface on remarquait deux demi-lignes primitives très-nettement dessinées (1); elles étaient parallèles, symétriques, tenues à distance l'une de l'autre par la bandelette axile qui les séparait (2). En haut elles divergeaient légèrement ; en bas elles s'écartaient l'une de l'autre en formant un angle très-ouvert (3) : cet écartement inférieur était d'autant plus sensible, qu'en cet endroit les lignes étaient réunies par un tractus blanchâtre situé au point même de leur séparation (4). M. Verner, peintre du Muséum, en prit aussitôt le dessin à la loupe. Or, pendant qu'il exécutait le dessin, les deux bourrelets des plis primitifs étaient en mouvement et se rapprochaient l'un de l'autre (5). La bandelette axile qui les séparait diminuait visiblement d'étendue à mesure que s'opérait ce mouvement à si petite distance. Enfin, quelques minutes après qu'il eut commencé, les deux plis amenés au contact donnèrent naissance à un trait linéaire délié. Ce trait linéaire délié était

(1) Planche, fig. 5, n° 1.
(2) Planche, fig. 5, n° 2.
(3) Planche, fig. 5, n° 3.
(4) Planche, fig. 5, n° 4.
(5) Planche, fig. 6, n° 1, 1.

la ligne secondaire qui s'était formée sous nos yeux (1). Le dessin de cette seconde métamorphose fut également exécuté, et sa comparaison avec le premier donne une idée précise du mécanisme de cette formation. La ligne secondaire occupait l'axe du disque prolifère : en haut, on remarquait un renflement ombré un peu vague; en bas, la ligne se bifurquait; chaque branche de la bifurcation ou de la fourche représentait un des bourrelets primitifs non amenés au contact (2); à l'angle de la séparation des lignes on remarquait une commissure qui représentait les traces de la bandelette axile (3). On voit d'après cette description que la ligne secondaire a pris la place de la bandelette axile qui s'est effacée en partie; on voit également que sa manifestation est produite *par la tangente de la surface convexe des deux demi-cylindres des lignes primitives ou des deux bourrelets qui les constituent* (M. Coste), conformément aux données de la loi d'homœozygie.

M. Remak, qui a donné à la membrane sur laquelle se dessinent les plis primitifs le nom de *lame axile*, expose ainsi qu'il suit la manifestation de cette ligne : « Il se montre dans son axe une ligne trouble qui se produit dans l'étendue de l'espace moyen, *lorsque l'on presse l'une contre l'autre les deux moitiés latérales de la lame axile.* » Cette ligne trouble, ajoute le même zootomiste, *peut être facilement prise pour le rudiment d'un organe, par exemple la corde* (4).

---

(1) Planche, fig. 6, n° 2.
(2) Planche, fig. 6, n° 3.
(3) Planche, fig. 6, n° 4.
(4) *Recherches sur le développement des animaux vertébres*, explication de la fig. 8, B, pl. Ire.

Nous examinerons plus tard cette dernière assertion, mais nous ferons remarquer ici que la pression exercée sur les bords de la lame axile n'a d'autre objet que celui de produire artificiellement le rapprochement des surfaces des deux bourrelets de la membrane, rapprochement qui, comme nous venons de l'exposer, donne naissance à la ligne secondaire ou à la rainure qui sépare les bords internes des bourrelets primitifs.

On conçoit d'après ce mécanisme que si, par une cause quelconque, un obstacle s'oppose au rapprochement des deux surfaces des bourrelets, la ligne secondaire ne sera pas produite, ou plutôt on conçoit que l'écartement des deux demi-cylindres de ces bourrelets en exagérera la production, de manière à donner naissance à un hiatus très-ouvert qui en occupera la place. C'est ce que j'ai remarqué une fois.

Entre les deux plis primitifs se trouvait un corps blanchâtre résultant de la rupture de la bandelette axile et d'une portion du noyau de la cicatricule (1). Ce corps, agissant à la manière d'un coin, tenait à distance les deux plis primitifs, dont les bords internes, au lieu d'être convexes, étaient devenus concaves (2). Dans l'hiatus produit par leur écartement, on voyait le corps blanchâtre continu par un pédicule (3) avec le bord interne de l'un des plis primitifs, et libre dans l'hiatus formé par leur écartement (4). Ce corps

---

(1) Planche, fig. 9, n° 2.
(2) Planche, fig. 9, n° 1.
(3) Planche, fig. 9, n° 3.
(4) Planche, fig. 9, n° 4.

me parut être la bandelette axile isolée des plis primitifs, auxquels elle sert d'intermédiaire dans l'état normal.

Dans la formation de la ligne secondaire en place, nous avons vu que les bourrelets des lignes primitives n'étant pas amenés inférieurement au point de contact, s'écartaient légèrement l'un de l'autre, de sorte qu'à cette période du développement, la ligne centrale se termine en fourche. Mais bientôt, de la vingt et unième à la vingt-quatrième heure au plus tard, les bourrelets écartés l'un de l'autre se rapprochent de nouveau, la fourche se ferme, et la ligne redevient unique. L'écartement et la réunion des bourrelets circonscrivent ainsi un petit losange, qui donne une forme de fuseau à cette partie de la ligne secondaire.

Nulle part la formation de cette ligne par les bourrelets des lignes primitives n'est plus manifeste que dans ce losange fusiforme, dont les dimensions sont si variables vers la fin du premier jour, dont la forme même est si changeante lorsque l'on détache la préparation pour l'observer au microscope : changements produits au reste par la mobilité en cet endroit des bourrelets des lignes primitives.

Un fait bien important dans la formation de la ligne secondaire par le rapprochement des plis primitifs, est la formation du petit renflement, qui la limite supérieurement. Ce petit renflement, qui représente une espèce de bouton que l'on a comparé aussi à la tête d'une épingle (1) et qui a fixé d'une manière toute particulière l'attention de MM. Pander, Prévost et Dumas, de Baer, et surtout la nôtre, est

---

(1) Planche, fig. 12, n° 4; fig. 19, n° 2.

formé par la réunion des plis; chacun d'eux en forme la moitié; en se courbant l'une vers l'autre, chacune de ces moitiés se combine avec sa congénère, et de cette combinaison naît ce renflement, qui est le nœud de ces plis; or, les plis primitifs étant les lames cérébro-spinales, le renflement de leur réunion et de leur combinaison semble constituer un ganglion nerveux transitoire; sa position correspond dans l'encéphale à celle des lobes optiques des oiseaux qui sont, comme nous l'avons démontré, les analogues des tubercules quadrijumeaux des mammifères.

De ce qui précède il suit :

1° Que les deux plis primitifs qui se manifestent sur la surface du disque prolifère sont les premiers rudiments de l'embryon naissant; ce qui justifie pleinement le nom de *plis primitifs* que leur a donné M. Pander;

2° Que la bandelette axile qui les sépare est le résultat du soulèvement de la membrane du disque prolifère dans les points où ces plis se manifestent;

3° Que cette bandelette axile est lisse, plane, transparente et sans nulle trace de ligne le long de son axe;

4° Que, par suite des développements, les bourrelets que forment les deux lignes primitives se rapprochent l'un de l'autre en attirant à eux la bandelette axile;

5° Que par ce rapprochement, les bourrelets des plis primitifs étant amenés au contact, il se manifeste entre eux une ombre linéaire, une rainure, une ligne enfin, qui n'est que de seconde formation, et qu'en raison de cette formation même, nous nommons *ligne secondaire*.

Absence des rudiments de la *corde dorsale* dans le premier jour de la formation de l'embryon. Viduité primitive et microscopique de la ligne secondaire.

Si les anatomistes sont d'accord sur l'existence des plis primitifs et de la ligne secondaire qui se manifestent sur la surface du disque prolifère, il n'en est pas de même de leur interprétation. Pour nous, les deux plis primitifs de la membrane germinale du disque prolifère sont le symbole de la dualité primitive des organismes; pour d'autres zootomistes, au contraire, c'est la ligne secondaire qui est considérée comme le point d'émergence des éléments des organes.

Pour nous, les plis primitifs sont la lame nerveuse dont se formera l'axe cérébro-spinal du système nerveux, et dont se dégagera le feuillet fibreux destiné à lui servir d'étui ou d'enveloppe. Pour les autres zootomistes, les plis sont le feuillet fibreux, destinés aussi à envelopper la moelle épinière, et à constituer, d'après M. de Baer, un étui rempli d'un liquide, dans lequel se développera plus tard l'axe cérébro-spinal du système nerveux. Pour tous, c'est la question fondamentale et initiale de l'organogénie des Vertébrés.

Après avoir si bien exposé la manifestation des plis primitifs, M. Pander se trompa, quand il considéra le pli délié blanchâtre de la bandelette axile, comme le rudiment de la moelle épinière (1).

---

(1) « Inter utramque plicam primitivam, brevi ab eorum ortu et conjunctione intervallo, tenue filamentum albidum nascitur, quod mox medullam spinalem rite agnoscimus. » (*Sect.* 4, *Hora decima sexta.*)

Ce trait délié existe, mais quelle est sa nature? Pour la déterminer, il faut rappeler que le noyau blanchâtre de la cicatricule est situé au-dessous de la bandelette axile à laquelle il adhère légèrement. Or, la bandelette étant transparente, c'est ce corps que l'on aperçoit au travers. D'abord superficiel, ce trait blanchâtre s'enfonce à mesure que les bourrelets des plis primitifs sont amenés l'un contre l'autre et que la bandelette axile, amincie de plus en plus, s'est effacée complétement. Le noyau blanchâtre de la cicatricule est alors à nu au fond de la rainure de la ligne secondaire, et c'est lui que l'on peut apercevoir encore quand les bords de la ligne s'entr'ouvrent naturellement (1) ou artificiellement. Si l'on observe le disque prolifère en place, le trait nuageux blanchâtre dessine alors les contours irréguliers de la ligne secondaire; il paraît continu si la tangente des bourrelets n'est pas interrompue; il est brisé, au contraire, si les bourrelets se touchent et paraissent adhérer en certains points. Cette dernière apparence du trait blanchâtre du noyau de la cicatricule est due à la séparation des bords de la ligne secondaire; car c'est par l'intervalle microscopique qu'ils laissent entre eux que se réfléchit la lumière qui le laisse entrevoir.

L'apparition du noyau blanchâtre de la cicatricule peut donc avoir lieu par l'intervalle vide et microscopique qui existe entre les lèvres de la ligne secondaire, et voici les expériences qui prouvent l'existence de ce vide.

En premier lieu, si, après avoir détaché le disque prolifère

---

(1) Planche, fig. 14, n° 1.

de la surface du vitellus, on l'étend sur une plaque de verre, on observe que la ligne secondaire se montre dans toute son étendue, en divisant même quelquefois le repli d'où provient le capuchon céphalique.

En second lieu, si, à partir de la vingtième heure, on place, comme dans l'expérience précédente, la préparation sur une plaque de verre, on voit la ligne secondaire centrale se dessiner nettement. Regardée à la loupe, la ligne paraît brune dans toute son étendue, et comme il ressort des expériences qui suivent, elle paraît libre, par suite de la disparition de la bandelette axile.

1° Si l'on place la plaque de verre sur laquelle est étendue la préparation sur un fond blanc, la ligne diamétrale est blanche;

2° Sur un fond bleu, elle est bleue;

3° Sur un fond rouge, elle est rouge;

4° Enfin, la ligne secondaire prend la couleur des corps sur lesquels elle est placée, ce qui prouve qu'elle est libre et que les rayons lumineux la traversent sans rencontrer aucun obstacle.

En troisième lieu, ce libre passage de la lumière dans le vide qui existe au fond de la ligne centrale secondaire est plus manifeste encore quand on observe la préparation au microscope et avec un grossissement de 100 à 200 diamètres. Le passage de la lumière réfléchie du miroir fait scintiller la ligne dans toute sa longueur, et elle apparaît alors avec un aspect blanc et éclatant qui tranche sur le fond obscur des bourrelets de la ligne. (Planche, fig. 19, n° 3.)

Au début, le vide de la ligne secondaire par transmission de la lumière ne s'étend qu'à la moitié du disque; puis il en

occupe les deux tiers et s'arrête en haut à la jonction des plis primitifs, puis quelquefois la totalité. Très-souvent elle est droite ; d'autres fois elle est un peu courbe, d'autres fois enfin elle paraît ondulée. Ces aspects divers, qui ne sauraient se produire si la bandelette axile était encore présente, sont dus en partie au déplacement qui s'opère pendant qu'on exécute la préparation pour la détacher du vitellus et la transporter sur la plaque.

Le vide de la ligne secondaire devenant surtout manifeste par le grossissement du microscope, ce genre d'expérimentation mérite une attention toute particulière.

Le 15 août 1842, et par une lumière vive, un œuf de la vingtième heure de l'incubation fut ouvert, et la préparation fut placée sur le porte-objet du microscope. A un grossissement de 200 diamètres, nous distinguons d'abord les bourrelets, que leur couleur brune dessinait d'une manière très-tranchée, et dans toute leur longueur ; entre les deux bourrelets une ligne blanche se détachait avec d'autant plus de vivacité, qu'elle servait de séparation aux deux bandes brunes des plis primitifs. La lumière qui la traversait scintillait dans toute son étendue et fatiguait l'œil par son éclat; elle régnait tout le long de l'axe du disque prolifère. Le dessin terminé, le verre sur lequel était la préparation fut placé d'abord sur un papier noir. Examinée à la loupe, toute la ligne secondaire parut noire ; elle fut mise ensuite sur un papier rouge, et elle devint rouge, puis bleue, sur un papier bleu ; enfin elle devint blanche quand on plaça le verre sur un papier blanc.

Le même jour, nous ouvrîmes un œuf de la dix-huitième heure de l'incubation. Les bourrelets des lignes étaient

beaucoup moins saillants dans les deux tiers supérieurs (1), de sorte que la ligne blanche qui les séparait paraissait plus superficielle (2); on eût dit qu'elle était superposée dans le haut sur le disque prolifère, tandis qu'elle paraissait située plus profondément dans le tiers inférieur (3). La lumière qui la traversait et qui dessinait la ligne sur l'ombre des bourrelets, scintillait avec plus d'éclat encore que dans l'expérience précédente. Comme dans l'expérience précédente, apposée successivement sur un papier rouge, noir, bleu et blanc, le vide de la ligne transmettait, à chaque fois, la couleur du papier sur lequel la préparation était placée. Le vide de la ligne s'arrêtait au point de la jonction supérieure des deux lignes primitives (Planche, fig. 19, n° 2), point où se manifeste quelquefois le renflement que l'on a comparé soit à un bouton, soit à la tête d'une épingle.

Le même jour encore on ouvrit un œuf de la vingtième heure de l'incubation; la préparation placée sur le microscope, comme les précédentes, dessina la ligne blanche sur son axe, et la dessina avec d'autant plus de netteté, qu'elle avait le double de largeur des lignes précédentes. Cette largeur provenait du froncement des bords des plis primitifs, qui étaient sillonnés çà et là, mais à des distances assez régulières, par des stries transversales, lesquelles se portaient des bourrelets à la périphérie des plis. Du reste la lumière réfléchie traversait la ligne secondaire avec une pleine liberté, et elle transmettait la coloration des corps avec une

(1) Planche, fig. 19, n° 11.
(2) Planche, fig. 19, n° 3.
(3) Planche, fig. 19, n° 5.

pureté qui prouvait que rien d'opaque ne s'opposait à son passage.

Par le desséchement des préparations, les bourrelets s'écartèrent l'un de l'autre, le vide de la ligne centrale s'agrandit; et, en les regardant à contre-jour, la vacuité de l'espace libre qui les séparait se voyait manifestement à l'œil nu. Ainsi desséchées, ces préparations se sont conservées, et j'ai pu montrer, dans mes leçons au Muséum, ce fait si important de l'embryogénie comparée.

Le trait délié blanchâtre que l'on a pu prendre pour la moelle épinière, n'est donc qu'une apparence, sans existence réelle sur la surface du disque prolifère. C'est l'apparition du noyau blanchâtre de la cicatricule, noyau blanchâtre vu d'abord au travers de la lame axile transparente, pendant la durée éphémère de son existence et avant la formation de la ligne secondaire, puis vu dans le fond de la rainure de cette ligne au travers de l'espace libre qui existe en écartant les bourrelets des plis qui la constituent.

Or la personnification de ce trait blanchâtre devient par cette interprétation une chose réelle, une individualisation qui pouvait servir d'assise à d'autres hypothèses. Ainsi, dans leur remarquable travail sur les premiers rudiments de l'embryon, MM. Prévost et Dumas délogèrent cette moelle épinière primordiale pour mettre à sa place le zoosperme. Cette idée ingénieuse était d'autant plus séduisante que quelquefois la ligne secondaire avec son renflement supérieur et sa terminaison effilée simulait, jusqu'à un certain point, les traces de la tête et de la queue d'un animalcule spermatique. Mais bientôt, éclairés par leurs propres expériences, ces deux éminents physiologistes abandonnèrent

une supposition que ne pouvaient en aucune manière justifier les variations de la ligne secondaire, dans le premier jour de la formation du poulet. En sera-t-il de même de la corde dorsale cartilagineuse que l'on a substituée au zoosperme, de même que celui-ci avait été substitué à la moelle épinière? C'est ce que nous devons présentement examiner.

Faisons observer d'abord que l'existence ou la non-existence d'une corde cartilagineuse, ouvrant le développement des premiers rudiments de l'embryon, intéresse tout à la fois l'anatomie et la physiologie. *L'anatomie* parce que dans ce chaos qui se débrouille au début de l'embryogénie, il est très-important de déterminer quelle est la nature des premiers tissus organiques qui se dégagent de la substance germinale. *La physiologie*, parce qu'il importe beaucoup à l'étude de la vie à son début, de connaître si les propriétés inhérentes à ce tissu initial sont de nature à présider à la construction d'un être organisé aussi élevé que l'est un animal vertébré.

Cela posé, entrons dans l'examen des apparences qui, dans le cours du premier jour de la formation du poulet, ont pu faire croire à la présence d'une corde dans l'axe de l'embryon naissant. Le résultat de cet examen sera, d'une part, de nous montrer que rien d'analogue à une corde ne se montre, ni dans la bandelette axile, ni dans la rainure de la ligne secondaire, et, de l'autre, de nous convaincre que l'axe cérébro-spinal du système nerveux est, comme je l'ai démontré en 1821, le terme initial de l'organogénie des animaux vertébrés.

Pour juger de l'existence ou de la non-existence d'une corde dans les premiers rudiments organiques de l'embryon, nous suivrons M. de Baer, l'auteur de cette assertion, dans

l'exposition qu'il en a faite dans le *Traité de Physiologie* de M. Burdach et dans son ouvrage sur le développement des animaux :

« Jusqu'au delà du milieu du premier jour, dit ce célèbre « zootomiste, aucune partie de l'embryon n'a commencé à se « former; c'est seulement vers la quatorzième ou la quin- « zième heure qu'on en aperçoit le premier rudiment, qui « consiste, *non pas dans les deux plis primitifs de M. Pan- « der*, mais dans une bandelette moyenne qui a une ligne « et demie de longueur, et que j'appellerai *bandelette primi- « tive.* C'est le précurseur de la colonne vertébrale occu- « pant l'axe longitudinal de l'auréole transparente (1). »

Comme on le voit, la bandelette primitive de M. de Baer est notre bandelette axile, et sa détermination réside dans l'ordre de son apparition relativement à celui des plis primitifs que M. de Baer nomme *bourrelets des lames spinales ou dorsales.*

Cette bandelette précède-t-elle ou suit-elle la manifestation des plis ou des bourrelets? Là est le premier terme de la question. Or la détermination de ce premier terme est si évidente de la quinzième à la dix-huitième heure de la formation des premiers rudiments de l'embryon, que nul doute ne peut rester dans l'esprit de l'observateur qui assiste à la manifestation et à la délimitation de cette bandelette.

En effet, avant le travail moléculaire qui préside au soulèvement des plis ou des bourrelets de la membrane, il n'existe nul vestige de la délimitation de la bandelette axile.

---

(1) Ouvrage cité, t. III, p. 206.

Ces vestiges, légers d'abord comme un nuage, n'apparaissent que lorsque les globules élémentaires commencent à se porter le long de ces plis; de plus, les traits nuageux qui circonscrivent la bandelette ne deviennent très-sensibles qu'au fur et à mesure que ces plis se soulèvent et augmentent de hauteur et d'épaisseur, par l'accumulation des molécules qui les constituent. D'où il suit que la manifestation des plis ou des bourrelets de la membrane est la cause déterminante de la délimitation de la bandelette axile, qui, au lieu d'être primitive, est évidemment consécutive à leur formation. La bandelette est en quelque sorte une vallée entre deux collines: supprimez les collines, et la vallée n'existe plus.

Il suit encore de ce mécanisme de formation des plis et de la bandelette qui leur est intermédiaire, que celle-ci devra nécessairement reproduire par son aspect les temps divers du double soulèvement de la membrane ou des deux collines. Ainsi, quand à leur début les deux plis ne sont tracés que sur le milieu de la membrane, la bandelette axile n'est apparente qu'en cet endroit; la plaine, la vallée qu'elle représente est sans limite en haut et en bas, elle est ouverte dans ces deux sens; mais, à mesure que les plis se prolongent, la bandelette s'étend en suivant leur prolongement; enfin, quand les plis s'inclinent en haut l'un vers l'autre, quand par cette inclinaison ils sont amenés au contact, en formant un arc d'abord, puis une espèce de renflement que l'on nomme tantôt le bouton, tantôt la tête (1), la bandelette axile, limitée supérieurement par ce bouton des plis ou

(1) Planche, fig. 12, n° 4.

cette tête, répète exactement leurs contours. Il en est de même inférieurement : le contact des plis dans cette région délimite inférieurement la partie de la membrane qui la constitue.

Si les rudiments primitifs de l'embryon restaient dans cet état, si les collines des plis restaient immobiles, vous auriez entre eux une bandelette membraneuse de la même nature que les plis, bandelette que vous pourriez comparer, soit à un fil, soit à un ruban, soit même à une corde, et qu'à raison de sa position vous pourriez considérer encore comme le rudiment, comme le précurseur de la colonne vertébrale, ainsi que l'a fait M. de Baer.

Mais si, dans la marche des développements, cette bandelette disparaît de la surface du disque prolifère, si elle est détruite, que devient alors votre ruban, votre corde, votre précurseur de la colonne vertébrale? Évidemment ce précurseur se dissipe, se dissout comme la bandelette qui est présumée lui donner naissance. Or nous avons vu comment la bandelette axile, dite primitive par M. de Baer, n'a qu'une existence éphémère, et comment elle disparaît, dès la première métamorphose du disque prolifère, par le mécanisme de la formation de la ligne secondaire. Cette disparition, au reste, a été vue et très-bien exprimée par M. de Baer lui-même : *La bandelette primitive,* dit cet ingénieux observateur, *ne subsiste que fort peu de temps, et elle se compose d'un amas de globules qui tiennent assez peu les uns aux autres* (1).

---

(1) *Physiologie de M. Burdach,* t. III, p. 207. — *Développement des Oiseaux*, rédigé par M. de Baer.

Après cette constatation de la disparition de la bandelette axile ou primitive, il est nécessaire de voir comment on la fait renaître pour la faire servir à la présence des rudiments de la corde dorsale dans les développements du premier jour de la formation de l'embryon.

« Quant à la bandelette primitive, dit encore le même zoo-« tomiste, elle n'existe que peu de temps; voilà pourquoi « M. Pander l'a négligée dans son histoire du développe-« ment du poulet. Il l'a vue, sans doute, car les dessins de la « *Pl. I*, *fig.* 4, 5, de la *Pl. II*, *fig.* 2 de son ouvrage ne peu-« vent se rapporter qu'à cette bandelette (1). »

Ici M. de Baer a raison ; non-seulement la bandelette axile est indiquée dans les *fig.* 4 et 5 de la *Pl. I*, et mieux exprimée encore dans les *fig.* 1 et 2 de la *Pl. II*, quoique M. Pander ne la mentionne pas dans son ouvrage, mais le point dans lequel cet observateur nous paraît se méprendre, c'est lorsqu'il considère la ligne secondaire si bien exprimée par M. Pander dans les *fig.* 4 et 5 de la *Pl. II*, comme la persistance de la bandelette axile ou primitive. Cette ligne est produite par le rapprochement des deux plis primitifs des *fig.* 1 et 2 de la *Pl. I*. En les écartant, on voit que les bords internes des plis sont libres et que rien d'analogue à la bandelette dont on fait naître la corde dorsale ne se trouve entre eux. Comme nous le verrons plus tard, M. Pander rapporte ces bords à la moelle épinière.

Il est à remarquer en effet qu'en même temps que M. de Baer retire à ces bords leur caractère de moelle épinière, il

---

(1) *Développement des Animaux*, ouvrage en langue allemande, p. 13, 2e alinéa.

semble la remplacer par le retour de la bandelette primitive qui n'existe plus, lors de cette seconde métamorphose du disque prolifère.

Au reste, dans des observations si difficiles, et dans lesquelles l'erreur nous menace de tant de côtés, on conçoit que la ligne secondaire ait pu être confondue avec la bandelette axile. En effet, dès leur origine, et pendant que les plis sont écartés l'un de l'autre, cette bandelette leur est intermédiaire; après leur rapprochement, la ligne secondaire la remplace sous ce rapport, elle est intermédiaire aussi aux deux plis primitifs. On conçoit, dès lors, comment cette communauté de rapports a pu en imposer aux zootomistes. C'est du moins de cette manière que l'on peut comprendre certaines observations de M. Remak. Dans les *fig.* 8^B, 9^A, 10^A et 11^A de la *Pl. I*, ce zootomiste distingué indique la rainure et les bords de la ligne secondaire, comme le point d'origine de la corde, et dans la *fig.* 9^B, qui représente une section transversale des plis, le point noir qu'il signale sur la ligne médiane comme le rudiment de cette corde, me paraît, d'après mes expériences, la rainure de cette ligne.

Au reste les observateurs qui, sans idées préconçues, ont étudié ce premier terme de l'embryogénie, n'ont rien vu sur le parcours de la ligne secondaire que l'on pût rapporter soit à la moelle épinière, soit à une bandelette, soit enfin à la corde dorsale. Relativement à cette dernière, nous ne citerons que le travail de M. Coste, par la raison que les Commissaires de l'Académie des Sciences (1) ont suivi avec la

(1) MM. Dutrochet, Serres, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire; Dutrochet, rapporteur.

plus grande attention la manifestation des faits sur lesquels il repose : « *Il nous semble* impossible, dit M. Coste, de ne « pas reconnaître que la *corde dorsale* n'est qu'un jeu de la « lumière, comme on en voit un grand nombre d'autres, « dans l'observation des faits du même ordre (1). »

Cette conclusion ne peut s'appliquer qu'aux premières ébauches de l'embryon naissant, car nous verrons bientôt d'où naît la corde dorsale et comment elle se développe.

De ce qui précède et de ce que nous avons déjà exposé, il suit :

1° Que la corde dorsale n'existe pas dans le premier jour et la moitié du second de la formation de l'embryon des Oiseaux ;

2° Que la ligne secondaire que l'on a personnifiée sous ce nom offre un intervalle libre, existant entre les bords internes des plis primitifs ; ligne qui s'infléchit avec eux au moment de la formation du capuchon céphalique ;

3° Que cette ligne secondaire, ou cet intervalle des plis primitifs, ne saurait être prise pour le rudiment d'un corps quelconque, puisque la lumière le traverse librement lorsqu'on observe la préparation au microscope ;

4° Il suit enfin que, si la corde dorsale n'existe pas dans le premier jour de la formation de l'embryon, *elle n'est pas, et elle ne saurait être, l'axe autour duquel viennent se former les premières parties du fœtus.*

---

(1) *Recherches sur la formation des embryons*, pages 122, 123.

Formation primitive de l'axe cérébro-spinal du système nerveux. — Apparition de la corde dorsale et des rudiments de la colonne vertébrale. — Concordance de l'organogénie et de l'anatomie microscopique.

Dans mes travaux sur l'anatomie comparée du cerveau, j'ai cherché à déterminer les caractères qui distinguent le système nerveux des animaux vertébrés de celui des invertébrés, et j'ai trouvé que la disposition membraneuse et lamellaire était le signe pathognomonique de l'axe cérébro-spinal de ce système, dans le premier embranchement du règne animal, tandis que la disposition ganglionnaire, même dans sa partie centrale, caractérisait celui du second.

A l'aide de ces caractères, j'ai pu déterminer la nature nerveuse de la lame des plis primitifs dans le début de l'embryogénie des Oiseaux, et, dans cette classe, sa continuité avec le nerf optique en a donné la preuve directe, de même que, dans la classe des Mammifères, cette preuve avait été fournie par la continuité des lames nerveuses primitives avec le bulbe du nerf olfactif. Par suite de cette détermination, j'ai nommé la lame des plis, *lames cérébro-spinales*, et j'ai constaté leur dualité après la disparition de la bandelette axile.

Ce phénomène de composition, d'une part, et de décomposition, de l'autre, offre quelque chose de singulier qui échappe à nos investigations. Tandis, en effet, que l'action vitale se porte sur les plis, elle se retire et abandonne la lame axile qui leur est intermédiaire; cette lame axile est frappée de mort au moment même où la vie paraît se concentrer sur les deux plissements de la membrane cérébro-spinale. Or il

est à remarquer encore que le premier effet de cette action vitale des deux plis va être de les ramener à l'unité par une double suture, et de les convertir d'abord en une gouttière par la formation de la suture antérieure, puis en un canal, lorsque les lames cérébro-spinales, redressées sur leurs côtés, viendront se conjoindre en arrière par la formation de la suture postérieure. A l'aide de ce mécanisme, les lames cérébro-spinales deviennent tout à la fois le symbole de la loi de symétrie et de celle d'homœozygie : de la loi de symétrie, par la dualité des plis; de la loi d'homœozygie, par la fusion antéro-postérieure de chacun d'eux, pour donner naissance au canal de l'axe cérébro-spinal du système nerveux des vertébrés.

Si l'on considère que cet axe cérébro-spinal est le premier des organes qui se détache nettement de la substance plastique qui constitue l'embryon naissant, on verra comment cet organe fondamental des vertébrés est, d'une part, le point autour duquel se forment les autres parties du fœtus et, de l'autre, comment et pourquoi son mode de formation devient le type et, pour ainsi dire, le critérium du développement des autres organismes. C'est là ce qui donne un si grand intérêt à tous les temps de la manifestation de cet appareil primordial.

Et d'abord si, à partir de la dix-huitième heure de l'incubation, vous détachez avec soin le disque prolifère et que vous le plongiez dans l'eau en insufflant légèrement sur la partie centrale de l'aire embryonnaire, à l'aide des tubes effilés qui nous servent à injecter les vaisseaux lymphatiques, vous voyez les deux lames nerveuses se plisser dans leurs deux tiers supérieurs; ce plissement se fait transversalement

dans la partie correspondant à la moelle épinière, et de dehors en dedans : en dedans les plis s'arrêtent à la ligne secondaire qui est rendue très-sensible par le soulèvement des lames; en dehors, leur ondulation est festonnée, et leur aspect blanchâtre tranche sur le fond obscur de la ligne de l'ellipse extérieure dont elle semble se détacher (1). Au quart antérieur des lames cérébro-spinales leur plissement change de direction; de transversaux qu'ils étaient, les plis deviennent longitudinaux (2): ce changement de direction des plis s'opère à la grosse extrémité de ce que l'on a nommé le bec d'aiguière et se prolonge jusqu'en avant. Au tiers inférieur, le plissement des lames cérébro-spinales n'est que très-légèrement indiqué. Ce caractère du plissement des lames, ce changement de direction des plis qui délimite si nettement la moelle épinière et l'encéphale, ces stries blanches qui dessinent les ondulations des plis sur un fond grisâtre, n'indiquent-ils pas la nature nerveuse de ces lames? Ces contours latéraux si nettement et si constamment exprimés sur leur partie encéphalique, contours le plus souvent au nombre de trois et rarement au nombre de quatre, ne sont-ils pas les traits caractéristiques et, pour ainsi dire, ineffaçables du bulbe de la moelle allongée, puis de celui des lobes optiques, puis de celui des hémisphères cérébraux? Hémisphères, lobes et bulbe qui forment l'essence même de l'encéphale dont nul anatomiste n'a méconnu la nature nerveuse, nature confirmée encore par le mécanisme de leur conjugaison.

---

(1) Planche, fig. 8, n° 1.
(2) Planche, fig. 8, n° 2.

En effet, les deux lames nerveuses cérébro-spinales, primitivement indépendantes (1), sont destinées à se réunir, et elles se réunissent en effet; les deux bords libres de ces lames s'envoient réciproquement et sur toute la ligne de haut en bas, de petits prolongements nerveux qui de droite se portent à gauche et qui de gauche se portent à droite (2); une suture se forme entre elles par l'effet de ces prolongements nerveux (3). Dans ce nouvel état, l'axe cérébro-spinal représente une longue gouttière dont les bords latéraux tendent à se relever et à s'incliner en arrière l'un vers l'autre. En mettant la pièce dans l'eau, cette gouttière s'élargit, et dans son fond vous remarquez la suture formée par l'émission des lames (4); et, chose remarquable, ces filets d'émission s'entre-croisent les uns les autres de manière à rendre plus ferme et plus résistante l'union qui vient de s'établir entre elles.

Supposez une corde, supposez une bandelette ou un corps quelconque au lieu et à la place qu'occupe la suture? Comment celle-ci eût-elle pu s'opérer? comment les filets d'émission des lames eussent-ils pu s'entrelacer? La formation de la suture n'eût pas été possible, à moins toutefois que la nature n'eût pratiqué un mode de réunion semblable à celui que nous nommons en chirurgie suture enchevillée, ce qui eût été assez bizarre.

Par un nouveau jet de développement, la gouttière céré-

---

(1) Planche, fig. 7 et 8.
(2) Planche, fig. 7, n° 12.
(3) Planche, fig. 15, n° 1.
(4) Planche, fig. 11, n° 1.

bro-spinale se convertit en canal, par un mécanisme qui répète en arrière des lames nerveuses le procédé de réunion que vous venez d'observer en avant. Sitôt, en effet, que la suture antérieure est bien consolidée, les parois des feuillets s'élèvent, s'inclinent l'une vers l'autre et, de leurs bords qui se regardent, partent, comme en avant, des filets nerveux d'émission qui de l'un se portent à l'autre, et qui s'engrènent en s'imbriquant au lieu de s'entre-croiser (1). La suture postérieure qui en résulte est aussi moins solidement tissue en arrière qu'en avant.

La formation primitive de l'axe cérébro-spinal du système nerveux présente ainsi chez tous les animaux vertébrés trois temps bien distincts et bien caractérisés : le temps pendant lequel les cordons sont doubles, isolés et indépendants l'un de l'autre; le temps pendant lequel ils se réunissent en avant par une suture entre-croisée, et à la suite duquel l'axe nerveux représente une longue gouttière cérébro-spinale; enfin le temps pendant lequel se forme la suture postérieure qui convertit cette gouttière en canal. Le premier temps est l'expression de la loi de symétrie, le second et le troisième représentent les procédés de la loi d'homœozygie.

Sur cette base commune à tous les vertébrés se dessinent plus tard les caractères de l'axe cérébro-spinal qui distinguent les classes de cet embranchement du règne animal. Or, remarquez bien que ces caractères se dessinent toujours et partout en vertu du principe de soulèvement des parties, en vertu de leur dualité primitive qui établit leur indépen-

(1) Planche, fig. 11, n° 5.

dance, et en vertu de leur conjugaison qui, à l'aide des faisceaux rentrants, forme les points de suture qui relient entre elles des parties symétriques et homogènes.

On avait dit d'une manière beaucoup trop absolue : le système nerveux est tout l'animal ; c'est par lui et autour de lui que l'embryon se développe ; dans l'engouement dont se prirent les anatomistes pour l'homologie vertébrale, on devait s'attendre à voir porter sur le système fibro-cartilagineux qui précède la transformation osseuse, l'attribut dont on avait doué le système nerveux.

Sous le nom de corde dorsale, et sous l'influence du principe du dédoublement des parties emprunté à la botanique, le signalement d'un petit filament cartilagineux dont l'apparition des rudiments ne nous a paru sensible que vers la fin du second jour de l'incubation, et dont l'existence en dépasse rarement la fin, devait servir à déshériter le système nerveux de son indépendance et de l'influence qu'il exerce sur les ébauches premières de l'embryon. Dans cette hypothèse, l'étui vertébral devait précéder l'axe cérébro-spinal, et, mieux encore, ce dernier était présumé procéder du premier ; en d'autres termes, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, *le contenant devait se former avant le contenu*. De là la manifestation tardive de la moelle épinière, dont on ne fait apparaître les éléments globulaires que peu après le milieu du second jour, éléments même tellement imparfaits à cette époque, qu'on les représente unis par une masse visqueuse claire, ressemblant à une couche qu'on aurait étalée avec un pinceau sur la face interne des *lames dorsales*, à laquelle elle adhère fortement : de là, la méconnaissance de la dualité primitive des lames nerveuses composant l'axe céré-

bro-spinal, la méconnaissance de leur conjugaison homœozygique, et par suite celle de la formation du canal que représente cet axe après cette conjugaison (1). Il est nécessaire de rappeler ici que les lames dorsales de M. de Baer ne sont autres que les lames cérébro-spinales dont nous venons d'étudier la nature et la formation primitive, lames dont ce célèbre zootomiste montre clairement l'épaississement par la formation successive des lames intérieures, ainsi que nous l'avons établi depuis si longtemps. Indiquons maintenant leur indépendance de la membrane d'enveloppe d'où proviendra le canal vertébral.

C'est dans le cours de la première moitié du second jour, que l'on distingue avec précision la délimitation de l'axe cérébro-spinal de la membrane d'enveloppe qui doit constituer l'étui vertébral. Sur un embryon de cet âge, placé dans l'eau froide alcoolisée, et considéré par la région dorsale, le canal de l'axe nerveux n'était pas fermé en bas; en haut, les lames nerveuses postérieures se touchaient à peine, de sorte qu'un souffle léger les fit entr'ouvrir ; sur les côtés et à droite et à gauche, les feuillets de la membrane vertébrale s'étaient rabattus en laissant au milieu l'axe nerveux parfaitement distinct. Sur un autre, la disposition était inverse; c'est par en bas et à la partie moyenne que la conjugaison des lames nerveuses et vertébrales était la plus avancée. Sur un troisième, que nous avons fait représenter dans la Planche, les deux dispositions précédentes se trouvèrent réunies; on voyait d'abord au milieu et en haut l'axe cérébro-spinal avec les

(1) *Physiologie* de M. Burdach, t. III, p. 219.

vésicules cérébrales ouvertes (1) et formant encore une gouttière au fond de laquelle se voyait la suture antérieure des lames nerveuses; la suture et la gouttière se prolongeaient jusqu'au tiers supérieur de la moelle épinière; en cet endroit, il y avait un pont formé par la fusion et le redressement en arrière des lames cérébro-spinales (2); au delà de ce pont reparaissait la gouttière; puis, de nouveau les lames épiniennes réunies par une suture lâche (3), fermaient dans cette partie le canal épinien, fermé de cette manière en avant et en arrière; sur les côtés, et jusques au delà du pont, les lames vertébrales écartées longeaient l'axe cérébro-spinal, contre lequel elles s'appliquaient jusques au quart inférieur de cet axe (4); dans ce dernier quart, les lames vertébrales se réunissaient l'une à l'autre par une suture qui complétait en cet endroit l'enveloppement de l'axe nerveux par ces lames (5). En cet endroit encore, il y avait ainsi deux canaux emboîtés l'un dans l'autre : l'un appartenait à l'axe cérébro-spinal, l'autre aux lames enveloppantes de l'étui vertébral.

Arrivons maintenant à l'encaissement de l'axe cérébro-spinal du système nerveux par le canal vertébral et, dans l'examen de cette seconde question aussi difficile que la première, employons la logique sévère de l'anatomie des développements organiques.

S'il existait une bandelette primitive, assise de la corde

(1) Planche, fig. 11, n°s 1, 2.
(2) Planche, fig. 11, n° 3.
(3) Planche, fig. 11, n° 5.
(4) Planche, fig. 11, n°s 6, 7.
(5) Planche, fig. 11, n° 8.

dorsale et précurseur de la colonne vertébrale, n'est-il pas évident que les noyaux vertébraux devraient apparaître aux lieu et place que vous assignez à cette bandelette, à cette corde ? Or, vous placez cette bandelette, cette corde le long de la ligne secondaire; c'est donc sur le trajet de cette ligne que devront se montrer de prime abord les rudiments des vertèbres; de plus, la ligne secondaire est unique, de même que votre corde ou votre bandelette, par conséquent la rangée de noyaux dont cette corde est présumée le précurseur devra être unique aussi. Mais tout cela est-il? Si, au lieu d'apparaître le long de la ligne secondaire centrale, les noyaux vertébraux se montrent sur le côté directement opposé; si, au lieu d'une rangée unique de ces noyaux, vous en avez constamment deux, l'un à droite, l'autre à gauche de la ligne secondaire centrale, que deviendront vos suppositions en présence des faits?

Ainsi posée, la question devient donc accessible à l'observation, ou plutôt elle est entièrement dans l'observation dégagée de toute idée préconçue.

Placez-vous à cet effet vers la fin du premier jour de la formation de l'embryon, au moment où les lames cérébro-spinales commencent à se soulever; vous voyez d'abord sur leur côté externe et vers la vingtième heure, une ombre se dessiner dans la région dorsale; plus tard cette ombre devient membraneuse; la préparation mise dans l'eau légèrement alcoolisée, la membrane s'étale de haut en bas, en dehors des lames cérébro-spinales, desquelles elle paraît se soulever (1); en haut elle forme une espèce de pont entre les

(1) Planche, fig. 7, n° 5.

contours qui dessinent les vésicules cérébrales (1); quelquefois dans la région médiane, elle forme une ligne ondulée en zigzag de chaque côté (2). Plus tard encore et dans la région dorsale, elle constitue de petits corpuscules arrondis d'abord, puis qui prennent une forme carrée; ces corpuscules sont les noyaux vertébraux (3); il y en a une rangée à droite et une à gauche. Dans leur intervalle se trouvent les lames cérébro-spinales, et au milieu, dans le lieu qu'occupait la ligne secondaire, vous apercevez la suture antérieure de la moelle épinière (4). Suivez maintenant l'accroissement de ces noyaux vertébraux, vers la trente-cinquième ou la quarantième heure de l'incubation, vous voyez le noyau vertébral à peu près quadrilatère, se diviser en deux parties par un sillon vertical (5). La partie interne du noyau représente le corps de la vertèbre (6); la partie externe en représente les masses latérales (7); chacune d'elles s'accroît par la transformation de la lame vertébrale fibreuse qui les sépare; en arrière, cette transformation, ou cet envahissement de la lame fibreuse par les masses latérales des noyaux vertébraux ne représente rien de remarquable. En avant, au contraire, vous voyez apparaître le filament cartilagineux que l'on a désigné sous le nom de *corde dorsale* (8). A peine indiqué d'abord les troisième

(1) Planche, fig. 7, n° 6.
(2) Planche, fig. 18, n° 2.
(3) Planche, fig. 15, n° 3.
(4) Planche, fig. 18, n° 1.
(5) Planche, fig. 13, n° 2.
(6) Planche, fig. 13, n° 3.
(7) Planche, fig. 13, n° 7.
(8) Planche, fig. 13, n° 5.

et quatrième jours, d'après nos expériences, il est très-bien développé les cinquième et sixième; il constitue alors un filament fibro-cartilagineux placé au-devant et en dedans du corps vertébral, formant une saillie légère dans ce dernier sens. Ce filament n'est pas libre dans le canal; il est retenu à droite et à gauche, et il ne se déplace pas quand on le touche avec une aiguille mousse. La préparation étant mise dans l'eau, vous voyez la lame fibreuse se boursoufler sur ses côtés, et vous reconnaissez alors la gaîne dans laquelle il paraît contenu, ainsi que l'a fait observer M. de Baer, et à laquelle il adhère selon la remarque de M. Remak. Selon ce dernier zootomiste, la gaîne serait quelquefois plus résistante que ce filament. Ce filament, qui seul doit représenter la corde dorsale, et qui serait plus exactement nommée *prévertébrale*, à cause de sa position, est un peu plus fort dans sa partie moyenne qu'à ses deux extrémités; il n'a pas de tête distincte, ce qui devrait être cependant, s'il représentait la ligne secondaire à l'époque où celle-ci simule jusqu'à un certain point la forme d'une épingle.

Ce filament prévertébral, qui, nous le répétons, doit seul représenter la corde, est continu dans toute son étendue; il n'offre pas les intersections qui, dès leur origine, caractérisent si nettement les noyaux vertébraux, ce qui semble indiquer qu'il est étranger en quelque sorte à la composition des éléments de la colonne vertébrale. Ajoutons que ce filament cartilagineux que M. de Baer rapproche avec raison du cartilage permanent qui se trouve dans la colonne vertébrale de quelques poissons cartilagineux, n'a qu'une existence éphémère; sauf l'analogie curieuse que nous venons de rappeler, il apparaît et disparaît, sans que nous puissions

apprécier au juste ce qu'il vient faire dans les développements primitifs de l'embryon. Sous ce rapport, je ne saurais mieux le comparer qu'au maxillaire inférieur transitoire et cartilagineux que j'ai signalé chez l'embryon de l'homme, chez celui des carnassiers et de certains pachydermes; maxillaire inférieur temporaire, qui est un prolongement de la longue branche du marteau, et qui semble correspondre à un des arcs branchiaux des Poissons. Or, qui jamais a songé à faire de ce maxillaire fibro-cartilagineux et transitoire le prototype du développement du crâne? En voyant ce filament cartilagineux qui constitue essentiellement la corde dorsale, en considérant son apparition tardive, sa forme, sa position, ses connexions et sa durée éphémère, peut-on lui attribuer une influence quelconque sur les développements primitifs de l'embryon? sur ceux même de la colonne vertébrale? Peut-on croire surtout qu'*elle n'est pas seulement l'axe autour duquel viennent se former les premières parties du fœtus, mais la véritable mesure de tout le corps et des systèmes principaux?* Dans la supposition même du dédoublement des parties, cette assertion ne nous paraît pas justifiable. La *déshomogénisation* de la substance germinale qui constitue le fond de l'embryon naissant et, en quelque sorte, son sol natal, est le phénomène le plus important de l'embryogénie primitive. La membrane du disque prolifère ou toute membrane prolifère où se passent les premières évolutions embryonnaires est composée de trois lames; selon l'ingénieux Dœllinger, elles sont au nombre de trois : la séreuse, qui est la plus externe; la vasculaire, qui est moyenne, et la muqueuse, qui est interne. La stratification de ces lames s'opère par le procédé du soulèvement, et leur distinction ne repose pas

seulement sur leur position respective; elle est établie encore par le caractère des corpuscules qui entrent dans leur composition. La première a ces corpuscules d'une moyenne grandeur, dans la seconde ils sont les plus volumineux, et dans la troisième leur petitesse est extrême. Leur développement s'opère de dehors en dedans, et chacune d'elles forme d'abord un demi-cercle de chaque côté, avant de constituer un cercle complet, demi-cercle qui est la source de la dualité primitive des organismes dont ces lames sont, pour ainsi dire, les racines. D'après l'observation de M. Coste, le mouvement moléculaire qui préside au travail de l'organogénie primitive s'effectue également de dehors en dedans; la lame vasculaire est particulièrement propre à la connaissance de ce mouvement centripète. « On dirait qu'une force commune attire « les *globules du blastoderme* vers la ligne axuelle de l'*el-* « *lipse intérieure;* qu'en même temps les globules du tapis « sont attirés par cette même force, selon tous les *rayons*, « vers le *point central;*... non-seulement cette idée résulte « de la forme et de la teinte de l'*ellipse extérieure*, surtout « de ce qu'elle est nettement et fortement opaque à l'inté- « rieur, tandis qu'elle finit comme un nuage à l'extérieur, « mais encore de ce que, avec de l'attention et de la patience, « sous un grossissement considérable du microscope et en « entretenant l'élévation de la température dans la pièce ob- « servée, on peut voir des globules du *tapis* marcher dans « la direction rayonnante de la *circonférence* vers le *centre*, « arriver dans la pénombre de la ligne de l'*ellipse extérieure*, « s'y arrêter, courir quelquefois parallèlement à cette même « ligne, enfin s'y arrêter, et probablement s'y concréter. La « formation de cette ligne *elliptique extérieure* est d'autant

« plus intéressante à observer, qu'elle est la préparation « d'un appareil vasculaire de la plus haute importance (1), » et qu'elle peut servir de type, selon nous, au développement centripète des autres lames embryonnaires ; car l'histogénie microscopique qui promet à la physiologie médicale des révélations si importantes, paraît soumise, d'après les belles observations de M. Mandl et celles des autres micrographes qu'il a analysées et discutées avec une grande sagacité, aux mêmes principes de formation que l'organogénie ; principes, (ajoute ce micrographe distingué) dont quelques-uns, comme ceux de la dualité, du fractionnement, de l'histogénèse comparée, sont analogues aux principes posés par M. Serres (2).

De cette analogie, de cette conformité de principes de l'histogénie avec ceux de l'organogénie comparée que nous avons établis, on entrevoit déjà que l'organisation suit, dans l'arrangement de ses éléments, les règles qui lui sont propres pour les organes eux-mêmes. D'où il suit, comme nous l'avons démontré pour l'organogénie, et comme l'établit M. Mandl pour l'histogénie microscopique :

Premièrement : Que l'histologie des animaux reproduit sur une grande échelle et d'une manière permanente, *les états divers que traversent souvent d'une manière si rapide les organismes de l'embryon de l'homme ;*

Secondement : Que, de même que l'organogénie est une

---

(1) *Recherches sur la formation des Embryons*, par MM. Delpech et Coste, p. 70.

(2) *Anatomie micrographique*, tome II, p. 208.

anatomie comparée transitoire, et, celle-ci, l'anatomie comparée, une organogénie permanente, de même, aussi, *l'histologie humaine est une histologie comparée transitoire, comme l'histologie comparée est l'état fixe et permanent de l'histogénie de l'homme ;*

Troisièmement : Que, de même que l'organogénie des animaux supérieurs répète transitoirement celle des animaux inférieurs, *de même aussi l'histogénie des animaux supérieurs répète l'histologie de la série des animaux*, ainsi que le prouvent, d'après les observations de M. Mandl, la structure de la fibre musculaire chez les arachnides, celles du tissu musculaire et du tissu nerveux, dans les animaux inférieurs. Les temps d'arrêt de l'histogénie répètent de cette manière les temps d'arrêt de l'organogénie des animaux.

Quatrièmement : D'où il suit encore que, de même qu'en organogénie, les organes passent par des états divers et successifs, avant d'arrêter définitivement celui qui les caractérise, de même aussi *en histogénie, aucun corpuscule organique, aucune substance fondamentale ne présente, de prime abord et dès son apparition, ni les parties, ni les formes de l'élément futur et définitif.* Les transformations histogéniques répètent encore de cette manière les transformations organogéniques.

Cinquièmement : Et, de même qu'en organogénie, les artères s'unissent aux artères, les veines aux veines et les nerfs aux nerfs, de même, en histogénie, seules les parties similaires s'associent et se fusionnent ; les ostéoplastes ou cor-

puscules osseux, les cellules pigmentaires étoilées en offrent, d'après M. Mandl, des exemples remarquables. Dans leurs dispositions l'organogénie et l'histogénie paraissent donc ne différer que du petit au grand; or la nature ne connaît pas la différence des diamètres.

Sixièmement : Enfin, on peut déduire de ce qui précède : 1° que l'axe cérébro-spinal du système nerveux est le premier des organes qui se détache de la substance plastique qui constitue l'embryon; 2° que, par suite de cette *primogéniture*, son mode de formation devient le type de la formation des autres organismes; 3° que les noyaux vertébraux par lesquels débute le canal osseux qui doit encaisser l'axe cérébro-spinal sont constamment doubles; 4° que les parties de ces demi-noyaux qui doivent constituer le corps de la vertèbre sont réunies en avant par une lame fibreuse dont la transformation osseuse complète le corps de chaque vertèbre; 5° que sur l'axe de réunion des demi-noyaux des corps vertébraux apparaît un filament cartilagineux renfermé dans une gaîne fibreuse; 6° enfin que ce filament cartilagineux qui constitue la *corde dorsale* est continu et ne présente pas les intersections qui caractérisent la colonne vertébrale des animaux vertébrés.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Cette planche a pour objet de montrer :

1° La formation des plis primitifs qui ouvrent le développement de l'embryogénie;

2° Le mécanisme de la formation de la ligne secondaire;

3° Celui de la formation de l'axe cérébro-spinal du système nerveux, de l'étui vertébral et de la corde dorsale.

Fig. I. — Disque prolifère de la quinzième heure de l'incubation.

1. — Plis primitifs au nombre de deux, paraissant produits par le soulèvement de la membrane du disque et non réunis en haut et en bas.

2. — Bandelette axile intermédiaire aux deux plis, ouverte à ses deux extrémités, à cause de la non-réunion des plis primitifs. M. Remak a donné le nom de lame axile à la membrane sur laquelle se dessinent les plis; je ne conserve le nom de bandelette axile que pour la partie qui leur est intermédiaire, par la raison que sa manifestation est produite par le soulèvement même des plis primitifs.

Fig. II. — Empruntée à M. Pander. Côté dorsal.

1. — Plis primitifs réunis au haut et en bas.

3. — Réunion supérieure.

4. — Réunion inférieure.

2. — Bandelette axile très-bien délimitée par la réunion des plis.

5. — Repli en forme d'arc de l'aire germinale.

a. — Aire germinale.

Fig. iii. — Empruntée à M. Remak.

1. — Plis primitifs, lame axile de M. Remak.

2. — Bandelette axile claire; espace moyen entre les deux plis. — « La lame axile, dit M. Remak, agrandie et divisée en deux moi- « tiés latérales par la formation de l'espace moyen clair. » — L'observation est exacte, mais l'explication ne l'est pas :

1° La bandelette axile ne se divise pas; elle reste plane;

2° Comment une partie en dissolution, en voie de destruction, produirait-elle des plis latéraux? Les plis sont au contraire primitifs; ils se soulèvent de la membrane germinale comme se soulève le pli en forme d'arc qui leur est supérieur dans la fig. 2, n° 5. Dans ce dernier pli, en effet, il n'y a pas de bandelette axile à la division de laquelle on puisse l'attribuer. Dans cette première métamorphose, les plis sont la partie active, la bandelette la partie passive.

Fig. iv. — Empruntée à M. Remak et montrant la ligne secondaire.

1. — Plis primitifs.

2. — Ligne secondaire. En comparant cette figure à la fig. iii, on voit que la bandelette axile claire de la fig. iii, n° 2, est remplacée dans la fig. iv par la ligne obscure, n° 2, qui constitue la ligne secondaire. Cette dernière a pris la place de la bandelette axile. Or, on voit que le mécanisme de cette seconde métamorphose consiste dans le rapprochement des plis primitifs n° 1, lesquels sont actifs comme dans la première. M. Remak exprime ce mécanisme quand il dit : « Il se montre dans l'axe « de la lame axile une ligne trouble qui se produit dans « l'étendue de l'espace moyen, lorsque l'on presse l'une contre « l'autre les *deux moitiés latérales* de la lame axile (plis pri- « mitifs).

« Cette ligne trouble, ajoute cet anatomiste distingué, peut être « facilement prise pour le rudiment d'un organe, par exem- « ple, la corde dorsale. »

Comme le développement de cette corde a été opposé au principe

de la dualité primitive des organismes, nous devons faire remarquer que si cette ligne trouble était réellement le rudiment de cet organe, ces rudiments seraient doubles : l'un proviendrait d'une des moitiés latérales de la lame axile (l'un des plis primitifs), l'autre proviendrait de la seconde moitié latérale de cette lame (second pli primitif).

Mais cette ligne trouble (*ligne secondaire*) n'est pas le rudiment de la corde dorsale.

FIG. V. — Embryon de la vingtième heure de l'incubation observé en place.

1, 1. — Plis primitifs.

2. — Bandelette axile intermédiaire et interposée entre les plis.

3. — Écartement inférieur des deux lignes primitives.

4. — Corps blanchâtre interposé dans l'écartement inférieur de ces deux lignes.

FIG. VI. — Formation de la ligne secondaire par le rapprochement des plis primitifs. Formation opérée en place et sous nos yeux.

1, 1. — Lignes primitives.

2. — Lignes secondaires.

3. — Écartement inférieur des lignes primitives; écartement augmentant à mesure que les corps des lignes se rapprochent.

4. — Corps blanchâtre placé à l'angle de l'écartement des lignes primitives.

FIG. VII. — Embryon de la vingt-deuxième heure de l'incubation. Formation de la suture antérieure des deux lames de l'axe cérébro-spinal du système nerveux.

1. — Suture antérieure. Fibrilles nerveuses se portant de l'une à l'autre des lames nerveuses.

2. — Lames nerveuses distinctes à droite et à gauche de la ligne de la suture antérieure.

3. — Écartement fusiforme de la partie interne des deux lames.

4, 4, 4. — Contour des lames nerveuses circonscrivant les vésicules futures de l'encéphale.

5. — Lame fibreuse servant d'assise aux noyaux vertébraux.

6. — Même lame jetée entre les contours des lames nerveuses.

Fig. viii. — Embryon de la dix-huitième heure de l'incubation. Cette figure est destinée à montrer l'ondulation des lames nerveuses de l'axe cérébro-spinal, ainsi que leur disposition différente dans les parties qui correspondent à la moelle épinière et à l'encéphale.

1. — Partie des lames correspondant à la moelle épinière, dans laquelle le plissement des lames nerveuses affecte une direction transversale.

2. — Partie des lames nerveuses correspondant à l'encéphale, dans laquelle les plis ont une direction longitudinale.

3. — Ligne de séparation des lames nerveuses.

Fig. ix. — Cette figure représente un cas anomal dans lequel un corps blanchâtre était interposé entre les deux plis primitifs et les tenait écartés l'un de l'autre.

1. — Bord interne des plis.

2. — Corps blanchâtre provenant du noyau de la cicatricule, et peut-être des débris de la lame axile.

3. — Pédicule d'adhérence de ce corps insolite à la partie interne de l'un des plis primitifs.

Fig. x. — Embryon de la vingtième heure de l'incubation, dont les deux plis primitifs se sont écartés l'un de l'autre, pendant que la préparation était sur le porte-objet du microscope.

Fig. xi. — Embryon de la vingt-cinquième heure de l'incubation, dessiné à la loupe par M. le docteur Jacquart.

1. — Suture antérieure des lames nerveuses de l'encéphale et de la moelle épinière, suture qui se voit sur la ligne médiane de la gouttière que forme le redressement sur les côtés de ces mêmes lames.

2. — Parties latérales des lames, un peu enroulées sur elles-mêmes.

3. — Arcade en forme de pont jeté sur la gouttière spinale et formant en cet endroit la réunion postérieure des lames. On soulève cette arcade en passant une sonde au-dessous.

4. — Lames postérieures de la moelle épinière convertissant en canal la gouttière de la lame épinienne.

5. — Suture postérieure des lames de la moelle épinière. Cette préparation était remarquable parce qu'elle offrait la réunion des lames nerveuses en avant et en arrière, et qu'elle représente le mécanisme de la formation du canal de l'axe cérébro-spinal dans ses divers temps.

6. — Lame fibreuse formant l'étui membraneux qui encaisse l'axe cérébro-spinal. Ces lames, très-écartées en haut, se placent sur les côtés de l'axe nerveux au niveau de l'arcade (3) et longent ce côté dans le tiers de la longueur de la moelle épinière.

7. — Point où les lames fibreuses convergent l'une vers l'autre et se placent au-dessus de l'axe cérébro-spinal.

8. — Suture postérieure des lames fibro-vertébrales. On voit encore ici le mécanisme de l'enveloppement de l'axe cérébro-spinal par les lames fibro-vertébrales. La préparation étant plongée dans l'eau, les lames fibreuses prirent une couleur ardoisée qui tranchait sur le fond blanchâtre de l'axe cérébro-spinal.

Fig. xii. — Empruntée à M. Pander. Destinée à montrer la ligne secondaire dans une de ses modifications, celle où elle se termine en haut par un petit renflement, renflement qui rapproche la forme de cette ligne de celle d'une épingle. État bien observé par MM. Pander, Prévost et Dumas, de Baer, Coste, Martin-Saint-Ange, Serres, etc.

a. — Aire germinale.

1, 1. — Lignes primitives.

2. — Ombre du repli de ces plis.

3. — Ligne secondaire légèrement ondulée.

4. — Bouton qui termine en haut la ligne secondaire.

5. — Division en fourche de cette ligne. La ligne secondaire (3) est considérée comme étant la moelle épinière par M. Pander. La préparation montre le côté dorsal de l'embryon.

Fig. xiii. — Portion du rachis d'un embryon du quatrième jour de l'incubation. Cette figure est destinée à montrer la division des noyaux vertébraux, en partie correspondant au corps de la vertèbre, et en partie correspondant aux masses latérales ; elle est destinée également à montrer la première trace du filament fibro-cartilagineux que l'on a désigné sous le nom de corde dorsale. La préparation est placée de manière à présenter à l'observateur la face dirigée vers la moelle épinière.

1. — Noyaux vertébraux. Partie formant les masses latérales.
2. — Sillon très-superficiel indiquant la division du noyau vertébral en corps et masses latérales.
3. — Portion du noyau formant le corps vertébral. Il y a un demi-noyau vertébral de chaque côté, dont la séparation de la masse est indiquée par le sillon (2).
4. — Lame fibreuse interposée entre les deux moitiés du rachis, et représentant entre ces deux moitiés la lame fibreuse qui sépare les deux moitiés des os craniens dans la voûte du crâne ; lame fibreuse désignée ici sous le nom de *fontanelle* chez le fœtus de l'homme. Cette lame est ainsi une espèce de fontanelle du rachis, qui a été prise pour la *corde dorsale*.
5. — Ligne médiane représentant le rudiment du filament fibro-cartilagineux de la corde dorsale. Cette ligne m'a paru produite par le froncement de la lame fibreuse (4) au moment où les noyaux vertébraux se rapprochent l'un de l'autre pour se réunir. On peut la produire artificiellement en rapprochant soi-même les deux moitiés du rachis. Dans cette expérience, la ligne (5) forme quelquefois une espèce de bourrelet creux. N'est-ce pas la gaîne de la corde dorsale de M. de Baer ?

Fig. xiv. — Cette figure de la vingtième heure de l'incubation a pour objet de montrer la ligne secondaire au moment où les bords in-

ternes des plis primitifs viennent de se rapprocher. On voit entre eux et au milieu une ligne claire que l'on pourrait prendre pour le trait délié blanchâtre considéré par M. Pander comme étant la moelle épinière.

1. — Bord interne des plis primitifs rapprochés l'un de l'autre; ligne secondaire ondulée et claire, intermédiaire aux deux plis.

2. — Bord externe des plis primitifs. En écartant les bords internes des plis primitifs, on entr'ouvre et on élargit la partie claire.

Fig. xv. — Embryon de la vingt-cinquième heure de l'incubation, destiné à montrer le redressement des cordons de la moelle épinière, et le commencement de la séparation de la lame vertébrale des lames nerveuses, face ventrale.

1. — Suture antérieure de la moelle épinière.

2. — Écartement des cordons épiniens pour rendre sensible leur redressement.

3. — Séparation à peine indiquée des lames vertébrales et des lames nerveuses sur la face ventrale, tandis que sur la face dorsale les noyaux vertébraux étaient distincts et perdaient leur forme arrondie. Ce dessin fut fait avec la loupe. Voyez une préparation du même âge dessinée sous le microscope dans la fig. xviii.

Fig. xvi. — Empruntée à M. Remak et destinée à montrer la corde dorsale et sa gaîne au sixième jour de l'incubation. La préparation représente la portion cervicale de la colonne vertébrale.

1. — Partie recourbée de la corde dorsale sortant de la dernière vertèbre cervicale, où l'on ne voit pas encore paraître un contraste de gaîne et de portion d'axe.

2. — La partie de l'axe plus molle de la corde qui sort de la partie de la gaîne plus dense.

3. — La corde offrant une division en gaîne plus transparente et une portion d'axe plus opaque.

4, 4. — Les deux demi-corps vertébraux séparés l'un de l'autre par la corde et sa gaîne.

Fig. xvii. — Partie de la colonne vertébrale du huitième jour de l'incubation, représentant la corde dorsale et sa gaîne. La face ventrale de la colonne

vertébrale est tournée vers l'observateur. Figure empruntée à M. Remak.

1. — La portion d'axe plus molle de la corde dépassant la partie vaginale de celle-ci ;

2. — Partie vaginale, ou la gaîne de la corde emprisonnée ou attachée aux limites des demi-corps vertébraux.

Fig. xviii. — Embryon de la vingt-cinquième heure de l'incubation, destiné à montrer sur la face ventrale la séparation de la moelle épinière de la lame vertébrale, au moment où les noyaux vertébraux se dessinent.

1. — Suture antérieure de la moelle épinière.

2. — Lame vertébrale dont le déplissement a formé une ligne ondulée en zigzag. Comme nous l'avons déjà dit, cette figure représente, dessinée sous le microscope, une préparation du même âge dessinée à la loupe dans la figure xv. Le point essentiel que nous désirons faire ressortir est la ligne ondulée des lames vertébrales (2) si nettement exprimées par le microscope, tandis qu'on les soupçonnait à peine en examinant une préparation du même âge à la loupe.

Fig. xix. — Embryon de la vingtième heure de l'incubation, observé au microscope.

1, 1. — Plis primitifs.

2. — Réunion des plis à leur partie supérieure. Chaque pli envoie par moitié les éléments de cette réunion. C'est dans leur point de jonction que se manifeste quelquefois le bouton de la ligne secondaire (4, fig. xii) ou la tête de l'épingle.

3. — Espace vide entre les deux plis primitifs.

4. — Écartement des lignes primitives, représentant les branches de la fourche des figures v et vi.

Rapport de la corde dorsale avec la dualité primitive des corps vertébraux.

On sait que les vertèbres des poissons sont caractérisées par la fosse conique dont leur corps est creusé à chacune de ses faces. On sait aussi que les

doubles cônes creux qui occupent l'intervalle entre deux vertèbres sont remplis par une substance gélatineuse. On sait de plus que cette substance pulpeuse passe de l'un de ces vides à l'autre par un trou dont chacune des vertèbres est presque toujours percée primitivement dans son centre. Il suit de là que, considérée dans son ensemble, cette portion molle forme un cordon ou chapelet gélatineux, qui enfile toutes les vertèbres, et qui est alternativement mince et renflé chez certains poissons.

Mais un fait auquel on n'avait pas donné, jusque dans ces derniers temps, toute l'attention qu'il mérite, c'est celui que nous offrent certaines espèces de chondroptérygiens, comme la Lamproie, l'Esturgeon, la Chimère, le Polyodon. Chez ces poissons, le trou de communication d'un corps vertébral à l'autre est si large, que les corps vertébraux peuvent être considérés comme des anneaux, et que le cordon gélatino-fibreux qui les enfile, étant sans inégalités dans son diamètre, constitue une véritable *corde*, dont il porte aussi depuis longtemps le nom dans la lamproie. C'est là le type de ce que l'on a nommé *corde dorsale* dans le développement primitif des vertébrés, type qu'il ne faut pas perdre de vue, pour apprécier à leur juste valeur les assertions dont ce cordon gélatineux et membraneux a été l'objet dans les vues génétiques de ces développements.

En effet, si, chez la lamproie, le nom de corde vertébrale ou dorsale s'applique à la masse entière gélatino-fibreuse qui constitue et remplace les corps vertébraux, chez les autres poissons cartilagineux ainsi que chez les poissons osseux, cette dénomination ne peut se rapporter qu'à la tige de cette même substance qui occupe la partie centrale des disques des vertèbres. C'est faute d'avoir fait cette distinction « que la phrase « vague, mais dont on se sert souvent, *chorda dorsalis*, pour la base « embryonique fibro-gélatineuse de l'épine, peut être une nouvelle « source de confusion, » non pas seulement, comme le fait observer M. R. Owen (1), « par la raison que le terme corde spinale s'applique à « cette partie très-importante de l'axe nerveux que l'on nomme *myélon* « (moelle épinière), » mais encore par la raison que le vague du mot corde

(1) *Principes d'ostéologie comparée, ou Recherches sur l'archétype et les homologies du squelette vertébré*, page 23.

dorsale, impropre anatomiquement en lui-même, étant appliqué tantôt aux disques vertébraux tout entiers, tantôt à la tige fibreuse qui occupe leur partie médiane, tantôt enfin à la gaîne membraneuse dont ces disques sont enveloppés, il en est résulté qu'à l'aide de cette dénomination abstraite et si mal définie, quelques physiologistes ont pu avancer que le développement de la corde dorsale était une protestation contre la loi de la dualité primitive des formations organiques. C'est à cette assertion erronée que nous allons répondre par les faits, en rappelant que la *corde dorsale* prise pour type chez la lamproie représente l'axe de la colonne vertébrale formée par le corps des vertèbres, relativement à la dualité initiale de l'élément vertébral du squelette.

C'est par la démonstration de la dualité du corps des vertèbres que commence mon travail sur les lois de l'ostéogénie. J'établis d'abord que les os existent à l'état cartilagineux, avant de devenir solides par l'addition du phosphate de chaux, et je montre ensuite que c'est dans cet état primitif qu'il faut les observer, si l'on veut acquérir des notions exactes sur les phénomènes de leur formation, car la transformation osseuse est en général la répétition de la formation cartilagineuse.

Dans les corps vertébraux des oiseaux, la chondrification est centripète; elle commence toujours, comme chez les reptiles, sur les côtés, et par deux points, l'un droit, l'autre gauche; elle s'étend ensuite de dehors en dedans, et n'envahit que tardivement la ligne centrale du corps vertébral. Peu de temps après que les deux noyaux cartilagineux se sont réunis sur la partie médiane, les molécules d'ossification se déposent sur la partie centrale et interne de chaque noyau cartilagineux; leur adossement donne à ce double noyau primitif une forme bilobée qui, de proche en proche, envahit la ligne médiane qui séparait si nettement les deux cartilages. La dualité cartilagineuse est très-facile à voir dans toute l'étendue du rachis; la dualité osseuse est surtout manifeste dans les vertèbres du sacrum et dans les vertèbres cervicales.

Chez le têtard des grenouilles, la chondrification est également binaire; il y a un demi-disque cartilagineux de chaque côté, séparés sur la ligne médiane par un ruban mince de leur enveloppe membraneuse; plus tard, les molécules osseuses se déposent sur le cartilage, et l'on voit de la manière la plus manifeste les deux moitiés du disque vertébral sur toute la ligne du

rachis. Le têtard de la grenouille des arbres (Rana arborea) est très-propre à cette recherche. Dutrochet l'a vérifiée dans tous ses détails, et voici la conclusion de notre éminent physiologiste :

« La formation des os dicones vertébraux s'opère par la conjugaison de « quatre pièces, ce qui confirme la loi de *perforation* ou d'homœozygie de « M. Serres ; sa loi de *symétrie* se trouve également confirmée par nos « observations, puisqu'il est certain que les quatre pièces séparées qui for- « ment les corps des vertèbres des batraciens ont deux de leurs points de « réunion sur la ligne médiane (1). »

La théorie de la composition vertébrale du squelette occupait beaucoup les anatomistes, à l'époque où je soumis mes recherches sur les lois de l'ostéogénie à l'Académie des sciences. Le développement de la vertèbre, qui constitue une des bases de cette théorie, intéressait d'autant plus les physiologistes, qu'il devenait indispensable à la reconnaissance de l'élément vertébral dans la composition osseuse du crâne. De là, la discussion que souleva la dualité osseuse primitive de la vertèbre que je venais de démontrer. Dugès fut d'abord du nombre des anatomistes distingués qui la repoussèrent; mais, plus tard, appelé à suivre lui-même le développement du squelette des batraciens, il vérifia cette dualité avec une telle précision, que je crois devoir transcrire le passage de son travail où il l'expose :

« Dans le principe de la troisième période du développement des batra- « ciens, si l'on ouvre avec une épingle le canal vertébral en partie membra- « neux, en partie cartilagineux, qu'on le vide de son contenu, qu'on ouvre « en dessous la gaîne du cartilage rachidien, et qu'après en avoir enlevé « sans violence la partie la moins consistante, on étale le reste sur une lame « de verre, on apercevra un commencement d'ossification pour chaque « corps de vertèbre. Une opacité notable à l'état frais, en examinant le « cartilage à contre-jour, la blancheur des points où l'ossification com- « mence à la surface supérieure de ce cartilage desséché et observé à la « lumière réfractée, signalent ce commencement d'ossification. Est-ce par « un point central ou par deux points latéraux que le corps des vertèbres

(1) *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux*, tome II, page 312.

s'ossifie d'abord? Question assez importante relativement aux lois de l'ostéogénie, et qui a été diversement résolue chez les vertébrés supérieurs, affirmativement par M. Serres, négativement par Béclard. On se rangerait aisément à l'avis de ce dernier, si *l'on se contentait d'observations peu nombreuses et peu variées; mais la duplicité primitive du noyau d'ossification ne peut plus être révoquée en doute quand on a suivi par gradations presque insensibles le passage de l'état cartilagineux pur à l'état osseux.* Deux nuages bien isolés troublent d'abord la transparence du cartilage, sur deux points parallèles et aussi écartés entre eux qu'ils le sont des masses ou apophyses latérales; peu à peu ces nuages deviennent plus épais; ils sont enfin tout à fait opaques: mais cette intensité de *visibilité*, s'il est permis de s'exprimer ainsi, ne s'accroît qu'à mesure qu'ils s'élargissent; c'est surtout du côté de la ligne médiane qu'ils gagnent à mesure qu'ils s'épaississent; de sorte que, quand leur centre primitif est bien opaque, bien blanc (par la dessiccation), déjà un nuage, pareil à celui de leur première origine, les réunit entre eux. Ce nuage ne tarde pas à devenir aussi opaque que les points latéraux; mais il reste quelque temps plus étroit, de sorte que chaque vertèbre n'a qu'un noyau, mais bilobé; plus tard enfin ce noyau unique a pris la forme carrée. Comme l'ossification marche plus vite dans les vertèbres antérieures que dans les postérieures, il y a un moment où l'on trouve un noyau carré dans les plus avancées, bilobé un peu plus en arrière; plus loin deux rayons réunis par un nuage; plus loin encore deux points nébuleux séparés, et tout à fait en arrière le cartilage pur.

Les masses latérales commencent à s'ossifier en même temps et peut-être plus rapidement que le corps, car on aperçoit bientôt la structure osseuse dans toute leur étendue.

« Ce n'est pas pour ces dernières, mais seulement pour le corps, que nous avons à signaler quelques différences entre ce que présente la grenouille et ce que nous venons de décrire; après les premiers pas de l'ossification, on la voit, dès le milieu de la troisième période, envahir au niveau de chaque vertèbre future le pourtour du cartilage rachidien. Une virole osseuse remplace ici le point carré ou cuboïde dont nous parlions plus haut; ces viroles s'élargissent peu à peu, se touchent enfin dans la période suivante, et, en s'épaississant par degrés, de la circonfé-

« rence au centre, amincissent de plus en plus le cartilage central, qui, « toujours continu dans toute sa longueur, se trouve ainsi renfermé « dans un étui partie osseux, partie membraneux. J'en ai acquis la com- « plète certitude, et j'ai vu que ce n'était que longtemps (plusieurs mois du « moins) après la métamorphose complète, que les vertèbres ressemblent, « comme l'a dit M. Dutrochet, comme Cuvier l'a constaté ensuite, à celles « des poissons ; je parle des poissons adultes et de la majeure partie d'entre « eux. Dans les périodes précédentes, c'est parmi certains chondroptéry- « giens, la lamproie, par exemple, qu'il faut chercher une analogie plus « complète.

« Revenons maintenant au *B. fuscus* et à ceux qui lui ressemblent, et « voyons quels changements éprouvent leurs vertèbres dans la *quatrième* « *période :* c'est pendant sa durée que s'opèrent le rapprochement et la « soudure des lames vertébrales entre elles, et des masses latérales avec le « corps ; de sorte qu'à l'état parfait, l'animal a ses vertèbres complètes et « d'une seule pièce, quoique fort jeune encore (*cinquième période*). J'en « excepte toutefois le condyle ou globe intervertébral, que nous avons déjà « étudié chez l'adulte ; mais, avant de parler de ces globes, suivons le déve- « loppement ultérieur du corps des vertèbres et les modifications de la « tige cartilagineuse, comme nous l'avons fait par anticipation pour la « grenouille. Le noyau carré s'épaissit et s'élargit peu à peu, mais reste « toujours concave, non-seulement en dessus, mais encore en avant et en « arrière, et surtout en dessous. Pendant toute la durée de la quatrième « période, la portion déjà ossifiée des vertèbres représente en dessous un « demi-canal ou gouttière qui loge la tige cartilagineuse. Cette gouttière « devient de moins en moins profonde à mesure que la métamorphose « approche, la tige cartilagineuse se ramollit dans la même proportion, « et à la fin sa fibre membraneuse seule lui conserve sa forme ; piquée, « elle s'affaisse en laissant écouler un liquide visqueux, grumeleux, débris « de l'ancien cartilage, et l'on peut, en l'insufflant, lui rendre brusquement « la forme qu'elle avait aux précédentes périodes. Durant la cinquième « période, la gaîne est affaissée, aplatie, toujours adhérente au devant du « corps des vertèbres ; mais elle paraît plus étroite, parce que celles-ci se « sont élargies sans qu'elle ait changé de volume ; la gouttière du corps « s'est peu à peu remplie, et la gaîne semble se réduire enfin en un liga-

« ment plat, sans avoir été, comme chez la grenouille, envahie ou entourée « par l'ossification. Chez celle-ci, on pouvait croire que les globes interver- « tébraux n'étaient dus qu'à la solidification de la tige cartilagineuse empri- « sonnée dans l'anneau du corps vertébral et coupée en segments par « l'occlusion de ces anneaux ; on a ici la preuve du contraire. A la fin de « la quatrième période, on voit, entre les vertèbres, des boules cartilagi- « neuses, plus saillantes même que le corps des vertèbres encore creusé « en gouttière, du côté de la gaîne du cartilage avec lequel elles n'ont pas « plus de continuité de texture que l'os vertébral lui-même. Ces globes se « sont donc formés lors du cartilage rachidien ; ils ressemblent d'abord à « des vésicules interposées entre les portions ossifiées, et ce n'est qu'après la « métamorphose qu'ils s'ossifient eux-mêmes, pour se réunir, comme on « sait, chez l'adulte, par une de leurs faces, au corps de certaines vertèbres, « tandis que l'autre face sert à une articulation mobile par frottement. « Une semblable articulation s'établit entre la première vertèbre et l'occi- « pital, lorsque les condyles de celui-ci s'ossifient. Jusque-là il y avait « union intime ; dans la première et la seconde période même, le cartilage « rachidien était tout à fait continu au cranio-vertébral ; ce n'est que dans « la troisième qu'une ligne opaque, ou du moins paraissant telle à la « réfraction, s'établit entre eux.

« De tout ce que nous venons de dire, il résulte que l'ossification du « corps des vertèbres, comme celle de plusieurs os du crâne, s'opère non « dans l'épaisseur, mais à la surface du cartilage qui composait le rachis « du têtard à la seconde période ; que, chez la grenouille, l'os entoure « même ce cartilage. Quant à la masse latérale, j'ai lieu de croire que les « matériaux osseux enveloppent aussi une branche, un processus cartilagi- « neux ; en effet, je trouve leurs apophyses exactement tubuleuses et vides « dans les vertèbres desséchées d'un très-jeune sujet du *B. fuscus* (1). »

Le développement de la vertèbre chez les reptiles nous conduit à la formation de ce même élément chez les poissons, chez lesquels les masses latérales se spécifient avant la partie centrale.

---

(1) *Recherches sur l'ostéologie et la myologie des batraciens à leurs différents âges*, pages 103, 104, 105, 106 et 107.

Chez les branchiostomes, les mixinoïdes et les ammocœtes, il n'y a pas de spécification distincte des masses latérales; l'enveloppe fibreuse, en se dédoublant en haut, forme un canal qui protége la moelle épinière; et en bas, vers la région postérieure du corps, elle se dédouble de nouveau pour former une gouttière dans laquelle se logent l'artère et la veine caudales.

Chez ces poissons inférieurs, rien n'indique le mode selon lequel apparaîtra la solidification de la colonne vertébrale, puisqu'on ne voit dans la gaîne membraneuse ni plaques cartilagineuses, ni aucune trace des points d'ossification. Mais à un degré supérieur de développement, ce mode se dessine et on voit apparaître manifestement les indices non équivoques de la dualité primitive de l'axe vertébral du tronc.

Le genre *petromyson* est particulièrement intéressant à étudier sous ce rapport. Ici des plaques cartilagineuses apparaissent sur la face externe de la gaîne d'enveloppe; il est donc intéressant de bien suivre cette manifestation première; car, si le développement est centrifuge, une plaque cartilagineuse unique se montrera au milieu de cette gaîne et radiera tout à l'entour. Si, au contraire, le développement est centripète, les plaques cartilagineuses se disposeront par paires sur cette gaîne, afin de protéger la moelle épinière. Or, chez tous les pétromysons, des plaques cartilagineuses toujours disposées par paires existent à la face externe du tube spinal; une plaque est à droite, la seconde à gauche, et leur isolement permet de les considérer comme les rudiments d'arcs vertébraux supérieurs, qui, s'inclinant l'un vers l'autre, constituent le canal qui loge la moelle épinière. Il en est de même inférieurement du canal destiné à l'artère et à la veine caudales; ici encore, de petites plaques cartilagineuses isolées se montrent à droite et à gauche de la gaîne, pour constituer les deux moitiés du canal hématique. Le même mode de formation des arcs supérieurs et inférieurs existe chez les polyodons.

Chez les *sturioniens*, les arcs supérieurs sont séparés des inférieurs par un intervalle dans lequel la gaîne est restée membraneuse, à l'exception toutefois de la partie antérieure de la masse pulpeuse qui constitue le noyau de la tige intra-vertébrale. Cette partie antérieure qui correspond au corps de la vertèbre des autres vertébrés est solidifiée plus tard comme le sont les arcs supérieurs, et cette solidification s'opère par une extension de la base de ces deux arcs qui, de chaque côté, se portent l'un vers l'autre. D'où il

suit que la partie qui représente le corps de la vertèbre est formée par la fusion de la base des deux arcs vertébraux qui fournissent, chacun par moitié, les deux demi-cercles dont la réunion constitue l'anneau vertébral du corps (Muller). Les *chimères* sont d'autant plus aptes à dévoiler ce mécanisme de formation, qu'il existe chez ces poissons de minces anneaux ossifiés, siégeant dans l'épaisseur même de la gaîne périostique qui ceint la tige gélatineuse intra-vertébrale.

Dans les poissons osseux, six noyaux distincts entrent dans la composition de la vertèbre ; deux pour les arcs supérieurs, deux pour les arcs inférieurs et deux pour la partie annulaire du corps. Conformément au développement centripète, les paires d'arcs sont les premières à apparaître, et ce fait est si constant que Ratké, puis, après lui, M. de Baer, n'avaient reconnu que ces deux paires d'éléments dans la composition de ces vertèbres. Le signalement de la paire centrale est dû à Muller, qui reproduit à ce sujet le mode de développement exprimé par Dutrochet dans l'ossification du dicone vertébral de la salamandre.

Considérés ainsi dans leur ensemble, les poissons inférieurs, notamment les *branchiostomes*, les *mixinoïdes*, les *ammocœtes*, puis les *lamproies*, les *polyodons*, les *esturgeons* et les *chimères* nous offrent d'une manière fixe et permanente les divers temps de l'ostéogénie de la vertèbre ; temps divers que l'ossification de cet os, si simple en apparence, et en réalité si complexe, nous présente transitoirement dans l'ostéogénie des poissons osseux. Ainsi que nous l'avons énoncé dans les lois de l'ostéogénie, les poissons cartilagineux sont donc sous ce rapport les embryons permanents des poissons osseux, ou les *fœtus* des *fœtus*, comme s'exprimait Cuvier.

Cette fragmentation primitive de la vertèbre est opposée sans nul doute à l'hypothèse des préformations organiques ; mais elle constitue dans la science et dans la nature le *fait nécessaire* de l'épigénèse. Ce n'est en effet qu'à l'aide de ce fractionnement que peuvent se former les canaux divers qui, chez les poissons, entrent dans la composition de leur colonne vertébrale.

Le plus constant de ces canaux est celui qui enceint la moelle épinière et qui représente, chez les poissons, le canal vertébral des mammifères, des oiseaux et des reptiles. Sa formation est si évidemment produite par la conjugaison ou l'homœozygie des deux arcs supérieurs, que ce mécanisme

n'est mis en doute par aucun anatomiste. Chez les *sturioniens*, la conjugaison de ces arcs est même double ; et de cette double conjugaison résulte et doit nécessairement résulter, d'après les lois de l'ostéogénie, un double canal épivertébral : l'un inférieur, encaissant la moelle épinière, et l'autre supérieur, logeant un cordon fibreux qui, par sa position, mériterait le nom de *corde dorsale* à plus juste titre que le cordon gélatineux qui enfile le trou central des corps vertébraux.

Après le canal qui loge la moelle épinière, le plus important et aussi le plus général chez les poissons, est celui destiné à enceindre et à protéger l'aorte. Comme le premier, ce second canal est produit par la conjugaison des deux arcs inférieurs qui, marchant de dehors en dedans à la rencontre l'un de l'autre, forment un enclos qui, chez certains poissons, loge le tronc principal de la colonne sanguine. Or, n'est-ce pas pour protéger ces deux organes fondamentaux de la vie animale et de la vie végétative que l'ossification débute par ces parties latérales de la vertèbre ? N'est-ce pas un accord parfait entre la loi centripète et la loi de destination des parties ?

« Chez les mammifères, lorsque la gaîne de la notocorde est chondri-
« fiée, *le corps et l'arc neural* (apophyses transverses) *de chaque vertèbre*
« *se compose d'une paire de cartilages symétriques* (1). » Chez l'embryon du lapin, les premiers points d'ossification apparaissent sur les cinq, six ou sept dernières vertèbres dorsales. La déposition des molécules de phosphate calcaire est précédée par une tache flavescente. Ces deux noyaux osseux du corps de la vertèbre se réunissent promptement, et de leur réunion résulte un petit corps transversal bilobé comme celui que l'on observe chez les batraciens. J'ai remarqué quelquefois, au milieu de chaque lobe de ce noyau vertébral, une dépression qui paraît correspondre à un capillaire artériel. Chez le jeune embryon du cochon, la même disposition existe. Chez une jeune baleine du Cap, les deux noyaux du corps des vertèbres caudales, séparés sur la ligne médiane, avaient chacun quatre centimètres de large sur cinq centimètres de hauteur. Au centre de chaque noyau se voyait une petite ouverture pour le passage des vaisseaux sanguins.

Sur un jeune embryon de l'homme, la seconde vertèbre cervicale avait

---

(1) R. Owen, ouvrage cité, p. 187.

ses deux noyaux vertébraux séparés sur la ligne médiane par une petite rainure ; sur la troisième il n'y avait qu'une légère dépression ; sur la quatrième, la rainure entre les deux noyaux existait comme sur la deuxième ; la cinquième était bilobée. Sur un fœtus du septième mois déjà déformé, les deuxième, troisième, quatrième et cinquième vertèbres dorsales étaient bilobées ; sur la sixième, les deux noyaux vertébraux ne se touchaient que par un point ; sur la septième, les deux noyaux étaient entièrement séparés.

Sur un embryon du deuxième mois, les deux noyaux osseux du corps des vertèbres dorsales sont distincts et tenus à l'écart par une tige fibreuse qui les sépare. Les deux noyaux sont également distincts sur les deux premières lombaires. Sur le squelette d'un embryon de deux mois et demi, les deux dernières cervicales présentent une trace de division sur la ligne médiane. La seconde dorsale est dans le même cas. Sur un embryon du quatrième mois, les deux noyaux du corps de l'axis sont entièrement séparés l'un de l'autre ; sur le squelette d'un embryon du même âge, le corps de l'axis a ses deux noyaux grêles très-distincts.

Développement particulier du corps de l'atlas.

J'ai remis à décrire en particulier le mode de formation de l'atlas, parce que cette vertèbre, indépendamment de l'usage qu'elle partage avec les autres pour la formation du rachis, en remplit un autre, non moins important, celui d'exécuter sur l'apophyse odontoïde un mouvement de rotation, d'où dépend celui de la tête. Cette circonstance qui lui est propre exige pour son exécution que le corps de l'atlas soit creusé à sa partie postérieure d'une cavité articulaire, dans laquelle glisse l'apophyse odontoïde. Or toute cavité articulaire exige au moins deux pièces pour sa formation ; deux lois se trouvent ainsi réunies pour la composition binaire du corps de l'atlas : la loi de symétrie et la loi de conjugaison.

J'aurais pu, à la rigueur, commencer par cette vertèbre l'exposition du principe du double développement, mais j'ai craint l'argument des exceptions qu'on oppose sans cesse aux nouveaux faits, et je l'ai, pour cette raison, conservée pour la dernière.

Je répète encore, malgré l'opposition qu'a éprouvée ce fait, que le corps

de l'atlas ne commence jamais son développement avant la naissance. J'ai fait ouvrir cent fœtus, et cent fois on n'a rencontré aucune trace d'ossification. J'ai cru devoir m'arrêter à ce nombre, n'ayant jamais observé une apparence d'exception. Ceci ne suffirait sans doute pas pour convaincre ceux qui m'ont objecté que sur tous les fœtus des embryons du cinquième au huitième mois dont on conserve les squelettes dans les collections de Paris ou dans celles de l'Allemagne, on trouve assez souvent sept noyaux osseux correspondant aux sept vertèbres cervicales. Constamment aussi, ajoute-t-on, sur le squelette préparé de tous les fœtus à terme, on aperçoit autant de centres osseux qu'il doit y avoir de vertèbres au col. Peut-on supposer qu'on soit justement tombé sur des exceptions dans la préparation de ces squelettes ? N'est-il pas plus vraisemblable de croire que l'auteur qui avance ce fait aura lui-même observé un de ces cas qui s'éloignent des règles ordinaires ?

Quoique l'époque de l'ossification de l'atlas n'entre pour rien dans le principe du développement de cette vertèbre, toutefois, comme ce fait est très-intéressant pour l'anatomie de l'homme, je vais répondre à cette objection, qui néanmoins n'en est pas une, comme on en jugera bientôt. Une erreur facile à rectifier l'a fait naître, car la plupart des squelettes de fœtus, conservés depuis le cinquième mois jusqu'au neuvième, offrent bien les sept noyaux osseux dont on parle ; mais correspondent-ils au corps de chaque vertèbre cervicale ? La simple inspection suffit pour faire voir qu'aucun d'eux n'appartient au corps de la première. Ce corps est toujours formé par une lame membraneuse à laquelle viennent aboutir les masses latérales de la vertèbre. Qu'est-ce donc que le septième noyau osseux ou le premier qu'on observe sur ces squelettes ? C'est évidemment l'apophyse odontoïde qui n'est pas encore réunie au corps de la deuxième vertèbre. Aussi les deux centres osseux qui lui correspondent (car jamais ce centre n'est unique) sont-ils superposés sur le corps de l'axis et placés au milieu de l'espace qui sépare la première de la deuxième vertèbre.

Je reviens au développement de l'atlas. C'est du cinquième au septième mois après la naissance que j'ai aperçu sur le corps de cette vertèbre les premières molécules osseuses. Leur double origine devient ici d'autant plus facile à constater qu'elles sont écartées l'une de l'autre, et que leur accroissement se fait dans le sens inverse des autres. Nous avons vu que les

deux molécules primitives tendaient à se rapprocher et à se confondre presque aussitôt qu'elles deviennent apparentes. Sur l'atlas, elles se développent toujours séparément ; il se forme alors deux pièces distinctes, l'une à droite et l'autre à gauche, séparées par un cartilage intermédiaire. Ces pièces ont, à la fin de la première année, cinq millimètres de diamètre dans tous les sens ; au dix-huitième et au vingtième mois, leur diamètre transversal est d'un centimètre et leur diamètre perpendiculaire de sept millimètres. A la deuxième année, le cartilage intermédiaire est quelquefois très-sensible et ne disparaît que dans le courant de la troisième, et alors seulement on trouve le corps de l'atlas formé d'une pièce unique ; jusque-là il était double. Le corps de l'axis et de l'apophyse odontoïde est composé de deux paires de pièces, séparées également sur la ligne médiane par un cartilage qui les isole d'une manière beaucoup plus distincte que sur les autres vertèbres du rachis.

Sur les animaux, l'ossification se fait beaucoup plus promptement que chez l'homme. Sur un embryon de cheval non encore à terme, les deux pièces de l'atlas étaient déjà formées, mais le cartilage intermédiaire était encore très-prononcé. Sur un ânon de sept jours, elles étaient sur le point de se réunir ; le cartilage interposé avait presque complétement disparu. La réunion était complète sur un autre ânon de trente-cinq jours après la naissance. Sur deux embryons à terme de chevreaux, l'écartement entre les deux centres osseux était beaucoup plus grand, l'isolement des deux pièces beaucoup plus marqué. Sur le chien et le chat, la jonction s'opère quinze jours avant la naissance. Chez le lapin, la réunion n'est complète que le quinzième jour après ou environ. Sur les plus jeunes veaux que j'ai pu me procurer, j'ai toujours trouvé le cartilage intermédiaire effacé et le corps de l'atlas composé d'une pièce unique en avant ; mais en arrière, j'ai remarqué sur deux une suture qui indiquait l'isolement primitif des deux centres d'ossification. Enfin, parmi les animaux fossiles, le corps de l'atlas chez le *Mésotérium* est divisé en deux parties par une rainure qui siége sur la ligne médiane. Chez le *Glyptodon*, dont l'atlas a dix-huit centimètres de large, le corps est séparé en avant et en arrière par une suture qui le divise également en deux parties, l'une droite et l'autre gauche. Au sujet du Glyptodon, nous ferons remarquer que le corps des trois dernières vertèbres cervicales est d'une ténuité qui contraste avec l'épaisseur des masses laté-

rales. Cette différence tient-elle au mode de développement? On sait que, d'après la loi centripète, l'ossification des masses latérales des vertèbres précède celle du corps. Or l'épaisseur, la dureté des os et de leurs éléments étant en raison directe de la précocité de leur ossification, l'arrêt du corps de ces vertèbres chez le Glyptodon est une confirmation du mode excentrique du développement du système osseux.

L'absence totale de l'ossification de la corde dorsale ou des corps vertébraux dont la lamproie nous offre le type, est encore une des expressions les plus frappantes de cette règle de la formation des os, dont la vérification nous est encore fournie par les ossements fossiles. Les vertébrés fossiles ne nous étant connus que par les restes osseux respectés par le temps, on voit de suite pourquoi chez la plupart des poissons *sauroïdes* fossiles, ainsi que chez beaucoup de *ganoïdes*, la colonne vertébrale n'est représentée que par les apophyses supérieures et inférieures seules ossifiées, tandis que l'axe central formé par le corps des vertèbres a entièrement disparu, à cause de son peu de consistance (1). Il en est de même des crustacés fossiles trouvés par M. Alphonse Edwards dans les sables de Beauchamp. Ce jeune zootomiste a reconnu que la plupart des débris de crustacés trouvés dans ce sable, et décrits par Desmarets sous le nom de *Portunus hericarti* n'appartiennent ni à des Portunus, ni même à aucun autre Brachyure, mais se rapportent à une espèce particulière du genre callianasse, crustacé macroure dont on trouve des représentants dans les mers actuelles, et dont *toutes* les parties sont d'une mollesse extrême, à l'exception des pattes de la première paire dont l'armure dermique *est au contraire très-résistante*. On comprend dès lors que ces derniers organes aient pu seuls se conserver par la fossilisation, et effectivement, dit M. Alphonse Edwards, malgré la grande abondance de ces débris, je n'ai pu y rencontrer que des *articles* appartenant à cette paire d'appendices (2). Ce fait, très-important pour la paléontologie des invertébrés, l'est aussi pour le mode de développement des parties dures de ces animaux, dont la solidification s'effectue de

---

(1) M. Agassier, *Recherches sur les ossements fossiles*, tome III, p. 371.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome LI, juillet 1860.

dehors en dedans, de même que cela a lieu pour l'ossification des vertébrés.

En résumé, la corde dorsale représentant la région antérieure de la colonne vertébrale ou l'axe de cette colonne formé pour les corps des vertèbres, il s'ensuit que le mode de transformation de cette corde est le même que celui des corps vertébraux.

RECHERCHES

SUR LA

TEMPÉRATURE DE L'AIR

AU NORD, AU MIDI

LOIN ET PRÈS DES ARBRES

PAR M. BECQUEREL

DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR AU NORD OBSERVÉE AVEC LE THERMOMÈTRE ORDINAIRE, ET DE CELLE DE L'AIR LOIN ET PRÈS DES ARBRES AVEC LE THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE.

Le thermomètre électrique, qui permet de relever des températures à de grandes distances de l'observateur et dans des lieux où la lecture, sur un thermomètre ordinaire, n'est pas possible, est devenu aujourd'hui un instrument tellement pratique, que l'on peut, sans avoir aucune notion de phy-

sique, faire des observations exactes, pourvu que l'on remplisse, ce qui du reste est facile, les conditions indiquées pour en assurer le succès.

8,000 observations ont été recueillies jusqu'à ce jour avec cet instrument et soumises à une discussion approfondie; les premiers résultats obtenus sont consignés dans trois Mémoires que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie en 1858, 1859 et 1860. Dans ce nouveau travail, j'expose le résumé des observations faites sur les températures comparées de l'air, au nord et au midi, avec le thermomètre ordinaire, près et loin des arbres, et avec le thermomètre électrique, durant l'été et l'automne de 1860, l'hiver, le printemps, l'automne et l'été de 1861, c'est-à-dire pendant une année météorologique complète; mais je parlerai auparavant de la température moyenne d'un lieu quelconque que l'on peut avoir avec une plus grande exactitude avec le thermomètre électrique qu'avec le thermomètre ordinaire.

La méthode employée jusqu'ici pour trouver cette température consiste à observer la température de l'air avec un thermomètre ordinaire, placé au nord, à 1 mètre ou 2 au-dessus du sol, abrité du rayonnement solaire et dans un lieu où l'air puisse circuler librement. On le retire assez ordinairement pour lui imprimer un mouvement de rotation destiné, dit-on, à le mettre en équilibre de température avec l'air ambiant. Que se passe-t-il en réalité pendant ce mouvement? Nous savons que le rayonnement nocturne agit moins lorsqu'il y a du vent que lorsque l'air est calme. L'abaissement de température est moindre dans ce cas que dans l'autre, parce que les couches d'air non refroidies étant rapidement déplacées et mises en contact avec les corps

soumis au rayonnement, leur restituent la chaleur qu'ils ont perdue. Ne se passerait-il pas un effet de ce genre dans le mouvement de rotation imprimé au thermomètre? M. Bravais a répondu affirmativement à cette question : En juillet 1838, se trouvant à bord de la corvette *la Recherche*, il a cherché les effets du rayonnement des objets voisins sur les indications d'un thermomètre placé contre le mât d'artimon, sur le côté opposé à celui qui était frappé par les rayons solaires et que l'on déplaçait dans le cours de la journée pour éviter l'action de ces rayons. On l'observait successivement quand il était en place et après lui avoir imprimé un mouvement de fronde. M. Bravais a trouvé constamment une température moindre après le mouvement qu'avant.

Le tableau suivant donne les valeurs moyennes des excès de température donnés dans les deux cas (*Annales de la société météorologique*, 1853) :

HEURE. Temps vrai du lieu.	CIEL		HEURE. Temps vrai du lieu.	CIEL	
	CLAIR.	COUVERT.		CLAIR.	COUVERT.
2 h. du matin.	0°13	0°08	2 h. du soir.	0°93	0°37
4	0,47	0,03	4	0,45	0,23
6	0,49	0,22	6	1,03	0,29
8	0,85	0,17	8	0,60	0,24
10	0,98	0,20	10	0,42	0,27
Midi.	0,79	0,48	Minuit.	0,37	0,19
Moyennes des 24 heures.				0,63	0,23
Moy. de 2 h. du matin à midi.	0,06	0,19	Moy. de 2 h. du soir à minuit.	0,63	0,28

On voit que, lorsque le ciel était clair, l'influence du bâtiment, qui s'est fait sentir le jour et la nuit, a été d'élever en moyenne la température indiquée par le thermomètre fixe de 0°,63 au-dessus de celle de l'autre thermomètre. Quand le ciel était couvert, la différence n'était plus alors que de 0°,23. Le mouvement de rotation imprimé par le thermomètre avait donc eu pour but de détruire une partie des effets dus au rayonnement du bâtiment sur le thermomètre, effets qui variaient suivant l'état du ciel et changeaient avec l'heure de la journée. Avec un ciel clair, la différence allait en augmentant depuis 4 heures du matin jusqu'à 6 heures du soir, à une exception près. Sur les hautes

montagnes, les différences sont de signe contraire, depuis minuit jusqu'à 10 heures du matin, comme le montrent les observations faites par M. Bravais au sommet de Faulhorn, à une hauteur de 2,680 mètres au-dessus du niveau de la mer (*Annales météorologiques*, 1842, 1844).

EXCÈS DE TEMPÉRATURE INDIQUÉS PAR UN THERMOMÈTRE FIXE.	
HEURE, TEMPS MOYEN DU LIEU.	MOYENNES DU LIEU.
2 h. du matin.	— 0°44
4 h. du matin.	— 0,33
6 h. du matin.	— 0,26
8 h. du matin.	— 0,24
10 h. du matin.	— 0,06
Midi.	+ 0,37
2 h. du soir.	+ 0,38
4 h. du soir.	+ 0,26
6 h. du soir.	+ 0,31
8 h. du soir.	+ 0,29
10 h. du soir.	+ 0,26
Minuit.	— 0,39

Cette inversion dans les différences sur le sommet des hautes montagnes doit être attribuée au rayonnement nocturne, qui y est plus actif qu'en plaine; le ciel, étant moins chargé de vapeur, est plus clair, les corps se refroidissent par conséquent davantage, et plus que l'air, à une

certaine distance; le mouvement de rotation amène sans cesse de l'air qui réchauffe le thermomètre.

Les observations de M. Bravais mettent bien en évidence l'influence qu'exerce le rayonnement des corps sur lesquels sont fixés les thermomètres destinés à déterminer la température de l'air et les corrections à faire pour avoir une valeur exacte, corrections que l'on néglige souvent de faire.

La température de l'air, telle qu'on l'observe au nord, en suivant la méthode dont je viens de parler, est l'élément à l'aide duquel on détermine les températures diurnes, mensuelles et annuelles d'un lieu, ainsi que la température de ce lieu dite climatérique, ainsi dénommée parce qu'elle caractérise son climat. Cet élément étant une donnée fondamentale en météorologie, il est utile d'examiner jusqu'à quel point il représente exactement l'état calorifique de l'air; on a émis quelque doute à cet égard : on a dit, par exemple, que, l'atmosphère étant sans cesse agitée par des courants en tous sens qui n'ont pas la même température, celle de l'air, en un point quelconque, ne pouvait être stationnaire. Cela est vrai, mais on peut obtenir ce qu'il y a de fixe dans cette valeur en éliminant, à l'aide de moyennes, les effets des principales causes perturbatrices qui agissent en sens contraire le jour et la nuit. Cette élimination est tellement complète, en prenant la moyenne d'un grand nombre de températures moyennes annuelles, qu'on obtient une valeur qui n'éprouve pas de changement pendant un grand laps de temps. Cette valeur, qui est la température du lieu, et qui représente également celle de la couche invariable, pourra servir, dans les siècles futurs, en la comparant à de nouvelles déterminations, à reconnaître si un climat a éprouvé

ou non des changements, en vertu de causes célestes ou terrestres; mais il faut pour cela que la température moyenne de deux lieux voisins soit la même, ce qu'on ne saurait admettre *à priori*. En effet, le sol s'échauffe diversement, suivant sa nature et les corps qui le recouvrent. L'air, en contact avec le premier, participant à ces variations jusqu'à un mètre ou deux de hauteur et même plus, il en résulte que dans deux localités voisines, dont le sol n'est pas le même sous le rapport du rayonnement, si le mélange des couches d'air inégalement échauffées ne peut s'effectuer librement, la température moyenne ne sera pas la même dans chacune de ces localités. C'est ainsi que Howard a trouvé une différence de 0°,5 entre la moyenne de Londres et celle de la campagne environnante. Laquelle des deux valeurs prendra-t-on pour la moyenne du lieu?

On admet l'identité entre la température d'un lieu et celle de la couche invariable sur la même verticale, parce que cette dernière ne participe plus aux variations de température de l'air, et cependant on n'a pu trouver encore avec une grande exactitude la profondeur à laquelle elle se trouve. On ne peut donc pas dire que la température moyenne de Paris, telle qu'on l'a déterminée, soit réellement celle de la couche invariable, à quelques dixièmes de degré près, à la profondeur qu'on lui a assignée.

On considérait jadis la température des caves de l'Observatoire de Paris à 28 mètres au-dessous du sol comme constante, et représentant par conséquent celle de la couche invariable. Cette température, la plus exacte que l'on puisse adopter suivant Arago, est de 11°,80, valeur supérieure de plus de 1° à celle que l'on considère comme la moyenne du

lieu, 10°,72. La couche invariable devrait donc se trouver à une moindre profondeur que les caves de l'Observatoire. Cette profondeur, on ne l'a pas déterminée encore. Il existe au surplus plusieurs couches à des profondeurs différentes qui possèdent des températures présentant de faibles différences. On ne peut donc pas faire servir l'une des températures à la détermination de l'autre.

Le thermomètre électrique permet de faire cette vérification et de voir jusqu'à quel point la température au nord représente réellement celle de l'air libre.

Deux instruments de ce genre ont été établis au Jardin des plantes, comme je l'ai dit dans un de mes précédents Mémoires, l'un donnant la température de l'air à 16 mètres au-dessus du sol et 6 mètres au-dessus du grand amphithéâtre, l'autre celle de l'air à la périphérie d'un marronnier ayant 21 mètres de hauteur. La portion de ces instruments se mettant en équilibre de température avec l'air est garantie du rayonnement solaire au moyen d'un triple réflecteur en fer-blanc disposé de manière à faciliter la circulation de l'air échauffé par le soleil dans les intervalles des enveloppes du réflecteur. Le thermomètre électrique, ainsi disposé, étant à l'abri du rayonnement terrestre, accuse la température de l'air avec les moindres changements qu'elle éprouve par l'apparition subite du soleil, effets que l'on ne peut obtenir avec le thermomètre placé au nord. On a donc ainsi la véritable température de l'air, abstraction faite toutefois de l'échauffement qui serait résulté des rayons solaires réfléchis par les enveloppes métalliques. Cette portion qui ne réchauffe pas l'air est absorbée en partie par les végétaux et les corps qui se trouvent à la surface de la terre et

dont il faut tenir compte quand on suppute le nombre d'unités de chaleur dont les végétaux ont besoin pour naître, fleurir, fructifier et périr.

On trouvera, à la fin de ce Mémoire, les observations faites sur la température de l'air au nord et au midi avec le thermomètre ordinaire, et, avec le thermomètre électrique, au-dessus de l'amphithéâtre du Jardin des plantes et au-dessus du marronnier, à 6 heures et à 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir, du 1er mai 1860 au 1er décembre 1861. Nous allons faire connaître les conséquences qui s'en déduisent et qui ressortent d'elles-mêmes de la comparaison des moyennes des observations.

Le tableau suivant contient les moyennes des observations faites du 1er juin 1860 au 1er juin 1861.

TEMPÉRATURES MOYENNES

DU 1er MAI 1860 AU 1er JUIN 1861.

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR			SAISON.	MOYENNES DES SAISONS.		
	AU-DESSUS de L'AMPHITHÉATRE.	AU-DESSUS du MARRONNIER.	AU NORD observée avec le THERM. ORDINAIRE.		A.	M.	N.
MAI 1860.							
9 h. du matin.	15°03	15°71	12°52				
3 h. du soir.	19,21	20,43	15,77				
9 h. du soir.	14,80	15,44	14,64				
Moyennes.	16,35	17,19	14,31				
JUIN.							
9 h. du matin.	17,30	17,30	17,80				
3 h. du soir.	19,50	20,00	19,90				
9 h. du soir.	15,56	15,70	15,00				
Moyennes.	17,45	17,67	17,60				
JUILLET.							
9 h. du matin.	18,00	17,70	18,00				
3 h. du soir.	21,00	21,40	20,70				
9 h. du soir.	16,40	16,20	16,00	Été.	17°85	17°94	17°80
Moyennes.	18,50	18,50	18,23				
AOUT.							
9 h. du matin.	17,34	17,00	17,87				
3 h. du soir.	19,80	20,20	19,54				
9 h. du soir.	15,80	16,00	15,32				
Moyennes.	17,64	17,73	17,58				

TEMPÉRATURES MOYENNES DU 1er MAI 1860 AU 1er JUIN 1861. (*Suite.*)

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR			SAISON.	MOYENNES DES SAISONS.		
	AU-DESSUS de L'AMPHITHÉATRE.	AU-DESSUS du MARRONNIER.	AU NORD observée avec le THERM. ORDINAIRE.		A.	M.	N.
SEPTEMBRE.							
9 h. du matin.	16°09	16°00	15°70				
3 h. du soir.	18,75	19,12	17,56				
9 h. du soir.	13,95	13,83	13,96				
Moyennes.	16,26	16,32	15,74				
OCTOBRE.							
9 h. du matin.	13,00	13,16	12,55				
3 h. du soir.	15,33	15,30	13,47				
9 h. du soir.	10,94	11,06	10,60	Automne.	12°06	12°18	11°25
Moyennes.	13,09	13,17	12,21				
NOVEMBRE.							
9 h. du matin.	5,79	5,81	5,00				
3 h. du soir.	9,00	9,44	7,46				
9 h. du soir.	5,66	5,94	5,00				
Moyennes.	6,82	7,06	5,82				
DÉCEMBRE.							
9 h. du matin.	3,47	3,14	3,15				
3 h. du soir.	4,40	5,14	4,50				
9 h. du soir.	3,56	3,70	3,60				
Moyennes.	3,81	3,99	3,75				
JANVIER 1861.							
9 h. du matin.	− 1,06	− 1,05	− 1,42				
3 h. du soir.	+ 1,66	+ 2,09	+ 0,97				
9 h. du soir.	− 1,03	− 0,80	− 1,20	Hiver.	3,45	3,61	3,14
Moyennes.	− 0,14	+ 0,08	− 0,55				
FÉVRIER.							
9 h. du matin.	5,30	5,50	4,74				
3 h. du soir.	8,82	9,14	8,00				
9 h. du soir.	5,90	6,16	5,90				
Moyennes.	6,67	6,93	6,21				

TEMPÉRATURES MOYENNES DU 1er JUIN 1860 AU 1er MAI 1861. (*Suite.*)

DATE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR			SAISON.	MOYENNES DES SAISONS.		
	AU-DESSUS de L'AMPHITHÉATRE.	AU-DESSUS du MARRONNIER.	AU NORD observée avec le THERM. ORDINAIRE.		A.	M.	N.
MARS.							
9 h. du matin.	8°68	8°76	8°09				
3 h. du soir.	12,21	12,46	11,45				
9 h. du soir.	8,40	8,54	7,94				
Moyennes.	9,76	9,92	9,16				
AVRIL.							
9 h. du matin.	10,92	11,24	9,75				
3 h. du soir.	15,71	16,40	14,10				
9 h. du soir.	9,91	10,09	9,76	Printemps.	12,62	13,00	11,87
Moyennes.	12,18	12,58	11,20				
MAI.							
9 h. du matin	15,44	16,00	14,07				
3 h. du soir.	18,73	20,00	18,37				
9 h. du soir.	13,56	13,56	13,30				
Moyennes.	15,91	16,52	15,25				
Moy. de l'année	11,47	11,70	11,01				

Moyenne au nord.	11°01
Moyenne de Paris.	10,72
Différence. . . .	0°29
Moyenne à l'air libre.	11°47
Moyenne au nord.	11,01
Différence. . . .	0°46
Moyenne au-dessus du marronnier.	11°70
Moyenne au nord.	11,01
Différence. . . .	0°69

On trouvera dans le tableau suivant les températures moyennes, mensuelles, trimestrielles et annuelle, à l'air libre, au-dessus du marronnier, au nord et au sud, A, M, N, S, représentant les températures dans ces quatre situations.

MOIS.	A	M	M — A	N	S	$\frac{S+N}{2}$
Été. Juin 1860.	17,45	17,70	0,22	17,60	19,75	18,67
Été. Juillet.	18,50	18,50	0,00	18,20	21,35	19,82
Été. Août.	17,64	17,70	0,06	17,58	20,04	18,81
Moyennes.....	17,85	17,97	0,12	17,80	20,38	19,04
Automne. Septembre.	16,26	16,32	0,06	15,74	19,73	17,73
Automne. Octobre.	13,09	13,17	0,08	12,21	14,00	13,10
Automne. Novembre.	6,82	7,06	0,24	5,82	6,92	6,37
Moyennes.....	12,02	12,18	0,13	11,26	13,55	12,40
Hiver. Décembre.	+ 3,81	+ 3,99	0,18	+ 3,74	4,42	4,08
Hiver. Janv. 1861.	— 0,14	+ 0,08	—0,22	— 0,55	— 0,38	— 0,46
Hiver. Février.	+ 6,67	+ 6,93	0,26	+ 6,21	+ 6,79	+ 6,50
Moyennes.....	+ 3,45	+ 3,66	0,07	+ 3,13	3,61	+ 3,37
Printemps. Mars.	9,76	9,92	0,16	9,16	11,78	10,47
Printemps. Avril.	12,18	12,58	0,40	11,20	15,78	13,49
Printemps. Mai.	15,91	16,52	0,72	15,25	19,49	17,37
Moyennes.....	12,62	13,01	0,39	11,87	15,68	13,78
Moyennes de l'année.	11,49	11,71	0,18	11,04	13,40	12,15

Dans ce dernier tableau, la moyenne des températures au nord et au midi n'est à peu près d'accord avec la température moyenne à l'air libre, qui est la véritable température de l'air, qu'en hiver ; en automne, la différence n'est que de 0°,39, tandis qu'en été elle est de 1°,24 ; au printemps elle est de 1°,14 ; la différence entre les moyennes annuelles est de 0°,73.

Dans le tableau suivant, on a consigné les différences entre les températures moyennes mensuelles, A, M, N, S, représentant toujours les températures de l'air, A au-dessus de l'amphithéâtre, M au-dessus du marronnier, N au nord, S au sud.

MOIS.	A — N	M — A	S — N	S — M	A
Juin 1860.	— 0°15	+ 0°22	+ 2°25	2°28	17°45
Juillet.	+ 0,30	+ 0,00	3,15	2,85	18,50
Août.	+ 0,26	+ 0,06	2,46	2,34	17,60
Moyennes.	+ 0,14	+ 0,09	2,62	+ 2,49	17,85
Septembre.	+ 0,52	+ 0,03	3,99	3,41	16,26
Octobre.	+ 0,88	+ 0,08	1,80	0,83	13,09
Novembre.	+ 1,00	+ 0,24	1,10	— 0,07	6,82
Moyennes.	0,80	+ 0,12	2,43	+ 1,39	12,02
Décembre.	+ 0,03	+ 0,18	0,68	0,43	+ 3,81
Janvier 1861.	+ 0,41	— 0,22	+ 0,17	— 0,27	— 0,14
Février.	+ 0,46	+ 0,26	0,53	— 0,07	+ 6,67
Moyennes.	+ 0,30	+ 0,07	0,46	+ 0,15	+ 3,45
Mars.	+ 0,30	+ 0,16	1,31	0,93	9,76
Avril.	+ 0,98	0,40	4,58	3,26	12,18
Mai.	0,86	0,72	4,24	2,97	15,91
Moyennes.	0,71	0,43	3,38	2,37	12,62
Moyennes de l'année.	0,49	0,18	2,19	1,62	11,49

Le résumé de la page 12 montre que la température moyenne de l'année, déduite des observations faites au nord

avec le thermomètre ordinaire, a été de 11°,01 ; Arago avait trouvé 10°,72 pour la moyenne de Paris, calculée avec les observations des maxima et des minima faites également au nord, de 1806 à 1851, et M. Bouvard 10°,822 avec les moyennes diurnes de 1806 à 1834. Ces deux valeurs diffèrent en moyenne en moins de celle du Jardin des plantes de 0°,24. La température obtenue avec le thermomètre électrique à l'air libre et dégagée des influences terrestres a été de 11°,47 au lieu de 11°,01 : différence en faveur de celle-ci, 0°,46. Cet excès de température représente la portion du rayonnement solaire qui a échauffé l'air et que ne peut accuser le thermomètre au nord, garanti du rayonnement solaire. La chaleur qui accompagne les rayons solaires réfléchis par les enveloppes métalliques n'intervient en rien sur la température de l'air, puisqu'elle est à l'état de chaleur rayonnante; elle est absorbée néanmoins, en plus ou moins grande proportion, par le sol et les corps qui le recouvrent. 11°,47 est donc la véritable moyenne de l'année qui vient de s'écouler, et non 11°,01.

Dans plusieurs observatoires on note aussi la température de l'air au midi, afin d'avoir l'effet dû au rayonnement solaire; mais les observations sont encore entachées d'erreurs : la paroi sur laquelle est fixé le thermomètre s'échauffe plus ou moins sous l'influence solaire, suivant son pouvoir absorbant, et réagit par voie de rayonnement sur l'instrument; ainsi les observations faites au midi n'ont donc pas une très-grande valeur météorologique. Il serait bien à désirer que l'usage du thermomètre électrique fût généralement répandu.

Cette température, observée au midi, n'est pas encore celle

que prennent les végétaux, qui s'échauffent en raison de leur pouvoir absorbant, qui est très-grand et différent de celui du verre; car ces végétaux sont eux-mêmes de véritables thermomètres qu'il faut consulter quand il s'agit de trouver le nombre d'unités de chaleur dont ils ont besoin pour fructifier. C'est ce motif qui m'a engagé à introduire dans les plantes, sans y produire aucun désordre, l'une des soudures du circuit métallique d'un thermomètre électrique, laquelle soudure, en se mettant en équilibre de température avec les tissus, permet de suivre pendant le jour et la nuit les effets de chaleur solaire produits, combinés avec ceux qui résultent des fonctions organiques. Je citerai deux exemples assez remarquables : Un opuntia, dont les feuilles avaient un centimètre d'épaisseur, placé au nord, a pris la température du milieu ambiant et a participé à ses variations quoique plus lentement. Le tronc d'un prunier couvert de fruits et de feuilles, de 6 mètres de haut et de $0^m,35$, exposé à l'action solaire, a donné en moyenne, du 2 au 11 septembre 1858, $20°,49$ de température, lorsque le thermomètre électrique à l'air libre ne marquait que $18°,70$. On voit là l'influence du pouvoir absorbant des végétaux.

Quoique la température observée au midi ne paraisse pas être d'une grande utilité en météorologie, j'ai voulu néanmoins m'assurer jusqu'à quel point il était possible de prendre pour température de l'air la moyenne des observations faites au midi et au nord, comme on l'a proposé; j'ai comparé en conséquence cette température moyenne à la température observée à l'air libre avec le thermomètre électrique. Voici les différences obtenues en faveur de la moyenne des températures au nord et au midi :

Été de 1860.......	+	1°19
Automne.........	+	0,44
Hiver de 1861.....	—	0,18
Printemps.........		1,16
Moyenne...		0,65

Au printemps et en été les différences ont été à leur maximum, et en hiver à leur minimum.

Après avoir analysé tout ce qui concerne la température de l'air, considérée d'une manière abstraite, je l'ai envisagée sous le point de vue des modifications qu'elle éprouve dans le voisinage des arbres, question relative à celle qui concerne l'influence qu'exercent les forêts sur la température de la contrée, et dont j'ai déjà entretenu l'Académie. La différence entre la température de l'air à la périphérie des arbres et celle de l'air, à une certaine distance, hors de leur influence, a été seulement, pour l'année qui vient de s'écouler, de 0°,23 (page 404), et de 0°,69, entre la température de l'air au-dessus de l'arbre et celle de l'air au nord; mais, si l'on compare ensemble les observations faites à 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir (voir les observations de mai 1860 à novembre 1861), on trouve des différences qui s'élèvent quelquefois jusqu'à 3° en faveur de l'air au-dessus de l'arbre au moment de la plus forte chaleur de la journée, c'est-à-dire entre 2 et 3 heures de l'après-midi; tandis que le matin au soleil levant, lorsque le ciel a été clair pendant la nuit et que le rayonnement céleste a été dans toute sa force, la différence est quelquefois en sens inverse, attendu que l'air, loin des arbres, se refroidit moins

que celui qui les entoure. Voilà ce qui explique la faible différence entre les températures moyennes annuelles; quoique les feuilles et les parties vertes des végétaux aient de grands pouvoirs émissif et absorbant, les effets produits la nuit étant en sens inverse de ceux qui ont lieu le jour, on n'a que la moyenne de la différence. Je citerai comme exemple les observations faites en mai 1860, entre 5 et 6 heures du matin : pendant la première quinzaine de ce mois, le ciel a été clair, les différences ont été de 0°,5 à 0°,6 en faveur de la température de l'air hors de l'influence de l'arbre, et par conséquent en sens inverse de ce qui a lieu lorsque le rayonnement solaire agit. On conçoit l'influence que les arbres exercent sur la couche d'air qui les enveloppe : au fur et à mesure que le soleil s'élève au-dessus de l'horizon, les arbres s'échauffent plus que l'air, et échauffent en même temps la couche d'air qui les entoure, laquelle, en s'élevant, donne lieu à un courant d'air chaud ascendant. Ces effets vont en augmentant jusqu'à l'instant du maximum de température de la journée. Immédiatement après, l'échauffement des arbres devient moindre. Le courant ascendant d'air chaud diminue, et, quand le soleil est sur le point de se coucher, le rayonnement céleste, qui n'a pas cessé d'agir pendant le jour, l'emporte sur le rayonnement solaire et hâte le refroidissement des arbres; la masse entière de ces derniers n'étant pas soumise au rayonnement nocturne, il s'ensuit qu'ils conservent jusqu'à une heure plus ou moins avancée de la nuit une portion de la chaleur acquise dans le jour. Ce n'est que lorsque cette chaleur est dissipée entièrement que les feuilles se refroidissent par l'action du rayonnement nocturne, de manière à

donner un excès de température en sens inverse. On voit par là comment il se fait que les moyennes des températures diurnes et mensuelles de l'air au-dessus et loin des arbres présentent de très-faibles différences, alors que dans le cours de la journée ces différences sont assez considérables.

Lorsque le ciel est resté couvert pendant quelques jours, les différences sont alors très-faibles, non-seulement à 9 heures du matin, mais encore à 3 heures du soir, au moment du maximum de température de la journée.

Dans le mois de décembre, par exemple, pendant quinze jours, le ciel est resté couvert ; à 9 heures du matin, les températures ont été sensiblement égales. Pendant ce temps, le rayonnement solaire et le rayonnement céleste étaient à peu près nuls. On voit par là l'influence que ces deux rayonnements exercent sur la température des arbres, et par suite sur celle de l'air ambiant pour l'élever ou l'abaisser.

S'il y a des éclaircies de temps à autre, et par suite rayonnement solaire pendant quelques instants, le thermomètre électrique indique immédiatement la différence de température en faveur de l'air qui entoure l'arbre.

Dans le mois de janvier, qui a été le plus froid de l'hiver, il y a eu sept jours clairs pendant lesquels le soleil a paru ; la température de l'air au-dessus de l'arbre l'a emporté quelquefois de 2 degrés, et en moyenne de $0^{\circ},7$ sur celle de l'air hors de son influence.

En cherchant quelle a été l'influence sur la température des arbres privés de leurs feuilles, et par suite sur celle de l'air ambiant, de la période de froid de décembre composée de sept jours de gelée, des deux périodes de froid de janvier composées l'une de dix jours et l'autre de neuf, ainsi que de

la période de dégel qui a suivi la dernière de froid, on arrive aux conséquences suivantes :

Pendant la période de décembre, la première de froid, la température moyenne de l'air au-dessus de l'arbre a été à peu près la même que celle de l'air à une certaine distance, loin de toute influence terrestre.

Au mois de janvier, pendant la période de froid, qui a commencé cinq jours après la précédente, la température de l'air au-dessus de l'arbre, contrairement à ce qui a lieu ordinairement, a été inférieure de 0°,5 à celle de l'air à l'autre station.

Pendant la deuxième période, les deux températures sont redevenues presque égales; enfin, pendant la dernière période, celle de dégel, la température de l'air au-dessus de l'arbre a repris sa prépondérance habituelle et est redevenue supérieure de 0°,5 à celle de l'autre.

En février, la différence n'a plus été que de 0°,26. On voit donc qu'au milieu de la période de froid, l'arbre dépourvu de feuilles a agi sur l'air, en produisant un abaissement de température, comme aurait pu le faire un rayonnement nocturne quand le ciel est serein.

Pendant les mois de mars, avril et mai, qui composent le printemps météorologique, on a obtenu les résultats suivants : en mars, la différence n'a été que de 0°,16; en avril elle a été de 0°,4; en mai, de 0°,4.

Les observations recueillies mettent en évidence un fait qui n'est pas sans quelque importance et qui montre jusqu'à quel point peut aller l'influence des arbres sur la température de l'air, influence qui produit dans le jour un courant d'air chaud ascendant, et la nuit, quand le ciel est serein, un courant d'air froid descendant qui tend à refroidir le sol. Il arrive

quelquefois que la température de l'air autour de l'arbre, étant stationnaire, s'élève tout à coup de 1 à 2 degrés sans cause apparente. Cet effet ne peut être attribué qu'à des courants d'air chaud venant de l'intérieur du massif de l'arbre ou des parties latérales le plus exposées au rayonnement solaire.

Si, pendant le jour, le ciel a été clair, et couvert pendant la nuit, les arbres conservent plus longtemps la chaleur acquise sous l'influence du rayonnement solaire et tendent alors à échauffer l'air. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque le ciel est resté couvert le jour et clair la nuit, ils agissent alors comme réfrigérants. Ces alternatives d'échauffement et de refroidissement des arbres doivent réagir sur la température de l'air, suivant les climats. Il faut en appeler à des observations suivies faites dans des lieux boisés et non boisés, placés dans les mêmes conditions géographiques, et toutes choses égales d'ailleurs, pour connaître l'étendue de cette réaction.

Sous les tropiques, où une grande partie de l'année le ciel est clair le jour et la nuit, les effets du rayonnement solaire doivent être détruits par les effets du rayonnement nocturne. Dans les régions polaires, pendant les longues nuits d'hiver, le rayonnement nocturne doit abaisser considérablement la température des arbres verts et contribuer aux basses températures locales.

Si l'on veut arriver à connaître les causes qui influent sur les différences entre la température au-dessus et loin des arbres, il faut grouper à côté les unes des autres les différences par catégories de 0° à 0°,2, de 0°,2 à 0°,5, de 0°,5 aux plus grandes différences que l'on ait observées. Nous ferons cette comparaison pour les trois mois d'hiver.

TABLEAU A.

VARIATIONS DE **A** A **M**, DE 0° A 0°,2, ET VARIATIONS CORRESPONDANTES DE **A** A **N**.

(Décembre.) (A, la température de l'air au-dessus de l'amphithéâtre. M, la température de l'air au-dessus du marronnier.)

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			DATE.	3 HEURES DU SOIR.			DATE.	9 HEURES DU SOIR.		
	A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.		A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.		A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.
1	0°0	+ 2°1	Demi-couvert.	1	— 0°2	+ 1°1	Demi-couvert.	9	— 0°1	+ 0°4	Demi-couvert.
2	— 0,2	+ 0,6	Id.	2	+ 0,1	+ 0,6	Couvert.	10	+ 0,1	— 0,3	Couvert.
3	0,0	+ 0,5	Couvert.	3	+ 0,2	+ 0,6	Id.	11	— 0,1	— 0,6	Id.
5	+ 0,2	+ 1,3	Id.	6	0,0	+ 1,1	Id.	14	+ 0,1	0,0	Id.
6	— 0,2	0,0	Pluie fine.	10	— 0,2	+ 0,6	Nuageux.	15	0,0	+ 0,6	Id.
10	— 0,2	+ 0,2	Demi-couvert.	11	0,0	0,0	Couvert.	18	— 0,1	— 0,1	Pluie.
13	+ 0,2	+ 0,4	Couvert.	12	— 0,2	— 0,8	Pluie.	19	+ 0,2	— 0,5	Couvert.
14	+ 0,1	— 0,3	Id.	13	+ 0,1	+ 1,9	Couvert.	21	0,0	— 1,0	Neige.
16	+ 0,2	— 0,1	Id.	14	0,0	— 0,2	Demi-couvert.	22	— 0,1	— 0,1	Couvert.
18	0,0	+ 1,0	Soleil.	16	— 0,2	— 0,2	Couvert.	25	— 0,2	— 0,9	Id.
21	— 0,2	— 0,9	Clair.	19	— 0,2	— 0,3	Neige.	26	+ 0,2	+ 0,6	Neige.
22	— 0,1	— 0,5	Couvert.	20	— 0,2	+ 3,6	Clair.	29	— 0,2	+ 0,0	Couvert.
23	+ 0,1	+ 0,4	Id.	21	+ 0,1	+ 0,2	Couvert.				
26	+ 0,1	— 0,7	Id.	23	— 0,1	+ 0,4	Id.				
31	— 0,1	0,0	Id.	25	0,0	+ 1,0	Neige.				
				26	+ 0,1	0,0	Id.				
				28	0,0	0,0	Couvert.				
Moy. 15 j.	0,0	+ 0,3	13 j. couv. 2 j. sol.	17 jours.	— 0,04	+ 0,55	17 j. couvert.	12 jours.	— 0,05	— 0,17	12 j. couvert.

TABLEAU B.

VARIATIONS DE **A** A **M**, A 0°,2, A 0°,5, ET VARIATIONS CORRESPONDANTES DE **A** A **N**.

(Décembre.) (A, la température de l'air au-dessus de l'amphithéâtre. M, la température de l'air au-dessus du marronnier.)

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			DATE.	5 HEURES DU SOIR.			DATE.	9 HEURES DU SOIR.		
	A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.		A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.		A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.
4	— 0°3	+ 0°8	Soleil.	7	— 0°3	— 0°3	Couvert.	2	+ 0°5	+ 2°1	Couvert.
7	— 0,3	+ 0,2	Couvert.	8	— 0,5	+ 0,5	Pluie.	3	— 0,5	— 0,1	Pluie.
8	+ 0,4	+ 1,1	Id.	9	— 0,5	+ 0,3	Couvert.	4	— 0,3	+ 2,1	Clair.
9	— 0,3	— 0,2	Id.	15	— 0,4	— 0,2	Id.	5	— 0,5	0,0	Id.
12	+ 0,3	+ 0,5	Pluie.	17	— 0,3	— 0,1	Id.	6	— 0,4	+ 0,6	Id.
17	+ 0,4	+ 0,4	Couvert.	24	+ 0,4	— 1,7	Id.	8	— 0,5	— 0,4	Couvert.
20	+ 0,5	+ 1,0	Id.	27	— 0,4	+ 0,4	Pluie.	16	— 0,5	— 0,5	Id.
24	+ 0,5	— 0,4	Id.	29	— 0,3	— 0,3	Couvert.	17	— 0,5	— 1,3	Id. Pluie.
27	+ 0,5	— 0,2	Dégel. Couvert.	30	— 0,4	0,0	Id.	20	+ 0,3	+ 0,2	Clair.
28	— 0,6	— 0,3	Id.	31	— 0,4	— 0,3	Id.	23	— 0,3	+ 0,7	Couvert.
30	+ 0,4	+ 0,8	Pluie.					27	— 0,3	— 0,3	Clair.
								28	— 0,4	— 1,2	Id.
								30	+ 0,3	+ 0,4	Couvert.
Moy. 11 j.	+ 0,14	+ 0,33	10 j. couv. 1 j. sol.	10 jours.	— 0,35	— 0,17	10 j. couvert.	13 jours.	— 0,24	+ 0,17	13 j. couvert.

TABLEAU C.

VARIATIONS DE **A** A **M**, DE 0°,5 A LA VARIATION MAXIMUM, ET VARIATIONS CORRESP. DE **A** A **N**.

11	— 0,6	— 0,8	Couvert.	4	— 0,9	+ 3,0	Clair.	1	— 0,6	+ 0,2	Clair.
29	— 1,7	+ 4,1	Clair.	5	— 0,7	+ 0,2	Couvert. Pluie.	7	— 0,6	0,0	Id.
				11	— 0,6	— 0,8	Couvert.	4			Couvert.
				17	+ 0,6	+ 0,6	Id.				
				22	— 1,8	— 1,1	Id.				
				25	— 0,6	0,0	Clair.				
[illegible]	— 0,12	+ 1,65	1 j. couv. 1 j. cl.	6 jours.	— 0,75	+ 0,32	4 j. couv. 2 j. cl.	3 jours.	+ 0,6	+ 0,1	1 j. couv. 2 j. cl.

Des résultats consignés dans les tableaux A, B, C, on tire les conséquences suivantes :

1° A 9 heures du matin, pendant quinze jours, les variations entre A et M de 0° à 0°,2 ont été nulles en moyenne.

La variation de A à N dans les mêmes circonstances atmosphériques et les mêmes jours, a été de 0°,3 ; ce résultat a déjà été mentionné plus haut : ainsi je ne m'y arrête pas.

A 3 heures, la différence A — M n'a été seulement que de — 0°,04, valeur à peu près insignifiante ; j'en dirai plus loin le motif.

A 9 heures du soir, pendant douze jours, on a eu :

$$A - M = -0°,05 \quad \text{et} \quad A - N = -0°,17.$$

L'influence d'un ciel couvert est ici manifeste ; elle tend à égaliser les températures au-dessus et loin de l'arbre ; pendant cette période, le temps a été presque constamment couvert.

2° Les variations de 0°,2 à 0°,5 ont donné les résultats suivants, qui s'accordent avec les précédents :

A 9 heures du matin,

$$A - M = +0°,14 \quad \text{et} \quad A - N = +0°,33;$$

mais à 3 heures M a repris le dessus :

$$A - M = -0°,35 \quad \text{et} \quad M - N = 0°,18,$$

ce qui a lieu ordinairement au milieu de la journée.

Dans le tableau C se trouvent les variations les plus considérables au-dessus de 0°,5 ; elles sont peu nombreuses à la vérité. A 3 heures, A l'emporte sur N de 0°,32 ; sur les cinq

jours, il y en a quatre de couverts et un de clair, où le soleil a paru ; c'est ce jour-là que la différence a été la plus forte; cette différence a été de 3°,0.

La différence M — A a été de 0°,75; on voit encore ici l'influence du marronnier sur la température de l'air ambiant, même pendant l'hiver.

Nous sommes amenés naturellement à chercher l'influence des basses températures sur M, pendant le mois de janvier, le mois le plus froid, alors que l'arbre était sans feuilles.

Les tableaux E, F, G, contiennent les variations de 0° à 0°,2, de 0°,2 à 0°,5, et de 0°,5 jusqu'aux plus fortes différences, et pendant le rayonnement solaire.

TABLEAU D.

VARIATIONS DE **A** A **M**, DE 0°,0 A 0°,2, ET VARIATIONS CORRESPONDANTES DE **A** A **N**.

(Janvier.) (A, la température de l'air au-dessus de l'amphithéâtre. M, la température de l'air au-dessus du marronnier.)

DATE.	9 HEURES DU MATIN. A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.	DATE.	3 HEURES DU SOIR. A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.	DATE.	9 HEURES DU SOIR. A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.
1	— 0°1	+ 0°1	Couvert.	1	0°0	+ 2°7	Couvert.	1	0°0	0°0	Couvert.
3	+ 0,2	0,0	Id.	2	— 0,1	+ 0,9	Clair.	2	+ 0,1	+ 0,2	Id.
5	+ 0,1	— 0,1	Id.	3	+ 0,1	+ 0,1	Couvert.	3	+ 0,2	— 1,7	Id.
7	+ 0,2	+ 1,0	Id.	4	0,0	0,0	Id.	9	+ 0,2	— 0,4	Id.
11	+ 0,1	— 0,3	Id.	5	— 0,2	— 0,3	Clair.	15	— 0,2	— 1,7	Id.
13	+ 0,2	+ 1,0	Id.	7	— 0,1	0,0	Id.	17	— 0,1	— 0,3	Id.
16	+ 0,1	+ 0,5	Soleil.	9	— 0,2	+ 1,3	Soleil.	21	0,0	+ 1,5	Id.
21	+ 0,2	+ 1,6	Couvert.	10	+ 0,2	+ 0,1	Clair.	23	+ 0,2	+ 0,2	Id.
23	— 0,2	— 0,2	Id.	11	+ 0,1	— 0,4	Couvert.	24	— 0,1	+ 1,6	Clair.
29	0,0	— 0,1	Id.	12	+ 0,2	+ 0,9	Soleil.	29	+ 0,1	+ 0,3	Brouillard.
31	+ 0,1	— 0,3	Id.	16	— 0,1	+ 1,1	Id.	30	— 0,1	+ 0,1	Id.
				17	+ 0,1	— 0,3	Couvert.	31	0,0	+ 0,2	Id.
				20	0,0	+ 0,6	Id.				
				22	— 0,2	+ 0,5	Id.				
				27	— 0,2	+ 1,5	Clair.				
				31	— 0,2	+ 0,4	Couvert.				
Moy. 11 j.	+ 0,08	+ 0,3	10 j. couv. 1 j. sol.	16 jours.	— 0,04	+ 0,5	8 j. couv. 8 j. sol.	12 jours.	+ 0,025	0,0	11 j. couv. 1 j. sol.

TABLEAU E.

VARIATIONS DE **A** A **M**, DE 0°,2 A 0°,5; VARIATIONS CORRESPONDANTES DE **A** A **N**.

DATE.	9 HEURES DU MATIN. A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.	DATE.	3 HEURES DU SOIR. A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.	DATE.	9 HEURES DU SOIR. A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.
9	+ 0,4	+ 1,6	Demi-clair.	8	— 0,6	+ 0,8	Clair.	6	— 0,3	— 0,3	Couvert.
10	+ 0,5	+ 0,5	Demi-soleil.	13	— 0,4	+ 0,8	Couvert.	8	+ 0,5	— 0,3	Clair.
14	+ 0,3	0,0	Couvert.	15	— 0,5	— 3,4	Soleil.	12	+ 0,3	+ 1,3	Couvert.
17	+ 0,5	+ 0,1	Id.	27	— 0,3	+ 1,5	Clair.	13	— 0,3	— 2,2	Id.
18	— 0,3	— 0,1	Id.	29	— 0,5	— 3,5	Id.	14	— 0,5	— 0,9	Id.
19	— 0,4	0,0	Id.	30	— 0,6	+ 1,0	Couvert.	20	— 0,4	+ 0,4	Id.
20	+ 0,5	— 0,3	Id.					22	— 0,3	+ 0,2	Id.
24	+ 0,4	+ 0,2	Clair.					25	— 0,7	+ 1,7	Id.
28	— 0,3	+ 0,1	Couvert.								
30	— 0,4	+ 0,2	Id.								
Moy. 10 j.	+ 0,2	+ 0,23	7 j. couv. 3 j. sol.	6 jours.	— 0,37	— 0,40	2 j. couv. 4 j. sol.	8 jours.	— 0,2	0,0	7 j. couv. [illegible]

TABLEAU F.

VARIATIONS DE A A M. DE 0°,3 AU MAXIMUM, ET VARIATIONS CORRESPONDANTES DE A A N.

(Janvier.) (A, la température de l'air au-dessus de l'amphithéâtre. M, la température de l'air au-dessus du marronnier.)

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			DATE.	3 HEURES DU SOIR.			DATE.	9 HEURES DU SOIR.		
	A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL		A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.		A — M	A — N	ÉTAT DU CIEL.
12	+ 0°9	— 0°2	Couvert.	6	+ 0°8	+ 1°9	Soleil.	7	— 0°9	+ 0°3	Couvert.
15	+ 0,9	+ 0,9	Soleil.	14	— 1,5	— 0,3	Couvert.	10	+ 0,6	+ 0,6	Id.
22	— 0,7	— 0,6	Couvert.	18	— 1,0	+ 0,5	Id.	19	— 1,3	— 0,1	Id.
25	— 1,5	+ 2,0	Soleil.	21	— 1,0	+ 0,6	Id.	25	— 0,7	+ 1,7	Id.
26	— 1,7	+ 2,1	Éclaircie.	24	— 2,1	+ 2,6	Soleil.	26	— 2,1	+ 1,8	Clair.
27	— 1,2	+ 0,8	Soleil.	25	— 1,3	+ 1,5	Id.	27	— 1,0	+ 0,1	Id.
				26	— 2,6	+ 1,3	Id.	28	— 0,6	+ 0,7	Brouillard.
				28	— 1,0	+ 2,1	Id.				
Moy. 6 j.	— 0,55	+ 0,82	2 j couv. 4 j. sol.	8 jours.	— 1,2	+ 1,3	3 j. couv. 5 j. sol.	7 jours.	— 0,85	+ 0,64	5 j. couv. 2 j. cl.

TABLEAU G.

VARIATIONS DE TEMPÉRATURE ENTRE A ET M ET A ET N PENDANT LE RAYONNEMENT SOLAIRE.

8	+ 0,2	+ 0,1	Soleil.	9	+ 1,5	+ 1,3	Soleil.	»	»	»	»
9	+ 0,4	+ 1,6	Id.	12	+ 0,2	+ 0,9	Id.	»	»	»	»
15	+ 0,9	+ 0,9	Id.	15	— 0,5	— 3,4	Id.	»	»	»	»
25	— 1,5	+ 2,0	Id.	16	— 0,1	+ 1,8	Id.	»	»	»	»
27	— 1,2	+ 0,8	Id.	24	— 2,1	+ 2,6	Id.	»	»	»	»
				25	— 1,3	+ 1,5	Id.	»	»	»	»
				26	— 2,6	— 1,5	Id.	»	»	»	»

La discussion des résultats consignés dans les tableaux D, E, F, G, conduit aux conséquences suivantes :

Tableau D. A 9 heures du matin, pendant 11 jours, où la variation moyenne entre

$$A \text{ et } M \text{ ou } A - M$$

n'a été que de 0°,08, le ciel a été presque constamment couvert :

$$A - N = 0°,30.$$

A 3 heures, sur 16 jours, on a eu

$$A - M = -0°04,$$

tandis que l'on a eu

$$A - N = 0°,50.$$

Il y a eu, pendant cette période, autant de jours couverts que de jours clairs.

A 9 heures du soir, les deux variations ont été nulles ; ce qui ne doit pas étonner, puisque, sur 12 jours, il y en a eu 11 de couverts.

Tableau E. Variations de 0°,2 à 0°,5, ces variations n'offrent rien de particulier.

A 3 heures, on a eu

$$A - M = -0°,37; \quad A - N = -0°,46.$$

L'influence solaire s'est fait sentir sur la période qui est de 6 jours; il y a eu 4 jours clairs et 2 jours couverts.

A 9 heures du soir, presque tous les jours de la période ont été couverts; on a eu

$$A - M = -0°,2 \quad \text{et} \quad A - N = 0°.$$

M n'avait conservé qu'une très-faible portion de la chaleur solaire acquise au milieu de la journée.

Tableau F. Variation de 0° au maximum. Ces variations maxima, à 9 heures du matin et à 3 heures du soir, correspondent à un plus grand nombre de jours clairs que de jours couverts.

A 9 heures du soir, l'influence sous laquelle s'est trouvée M s'est fait sentir encore dans la journée.

Dans le tableau G se trouvent les variations des observations recueillies pendant le rayonnement solaire, afin de bien mettre en évidence l'influence de cette dernière sur M.

A 9 heures du matin on a eu

$$A - M = -0°,24;\quad A - N = +1°,09.$$

A 3 heures du matin on a eu

$$A - M = -0°,7;\quad A - N = +0°,48.$$

Passons aux variations de température dans le mois de février.

TABLEAU H.

VARIATIONS DE 0° A 0°,2.

(Février.) (A, la température de l'air au-dessus de l'amphithéâtre. M, la température de l'air au-dessus du marronnier.)

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			DATE.	3 HEURES DU SOIR.			DATE	9 HEURES DU SOIR.		
	A-M	A-N	ÉTAT DU CIEL.		A-M	A-N	ÉTAT DU CIEL.		A-M	A-N	ÉTAT DU CIEL.
I	— 0°2	+ 0,1	Couvert.	3	— 0°2	+ 0°3	Brouillard.	I	— 0°1	+ 0°5	Brouillard.
5	— 0,2	+ 0,3	Id.	4	+ 0,1	+ 0,3		3	0,0	+ 0,2	Id.
6	+ 0,1	+ 2,6	Soleil.	5	— 0,2	+ 3,5	Soleil.	4	+ 0,1	+ 0,8	Couvert.
11	0,0	+ 0,1	Couvert.	6	— 0,2	+ 1,1	Couvert.	5	— 0,1	+ 1,3	Clair.
12	0,0	+ 0,1	Soleil.	7	— 0,2	+ 0,8	Id.	6	— 0,2	+ 0,5	Couvert.
13	— 0,1	+ 0,8	Nuageux.	8	— 0,1	+ 1,1	Soleil.	7	— 0,1	+ 1,1	Nuageux.
14	0,0	+ 0,7	Id.	9	— 0,2	+ 0,2	Couvert.	8	0,0	+ 0,7	Clair.
15	— 0,2	+ 0,6	Pluie fine.	10	— 0,1	0,0	Id.	9	— 0,1	+ 0,2	Demi-clair.
17	— 0,1	+ 2,0	Soleil.	11	— 0,1	+ 0,7	Demi-clair.	10	— 0,1	0,0	Clair.
19	0,0	+ 0,0	Couvert.	12	0,0	+ 2,7	Soleil.	11	0,0	+ 0,5	Id.
20	— 0,1	+ 0,3	Id.	17	— 0,2	+ 1,1	Id.	12	0,0	0,3	Id.
21	— 0,2	+ 0,2	Pluie fine.	18	0,0	+ 1,0	Demi-soleil.	13	— 0,1	— 0,2	Couvert.
22	— 0,2	0,0	Pluie.	20	— 0,2	— 0,1	Soleil.	14	— 0,1	+ 0,6	Id.
23	— 0,1	+ 1,7	Soleil.	21	— 0,1	+ 0,1	Couvert.	15	— 0,2	+ 0,4	Nuageux.
24	— 0,1	— 0,1	Couvert.	22	+ 0,1	+ 2,3	Pluie.	16	0,0	+ 1,3	Id.
25	0,0	+ 0,2	Pluie.	24	— 0,1	+ 0,2	Id.	17	— 0,1	+ 0,4	Id.
26	— 0,2	+ 0,2	Couvert.	25	— 0,2	+ 2,2	Soleil.	18	— 0,1	+ 1,2	Clair.
27	— 0,1	— 0,1	Pluie fine.	26	— 0,3	+ 0,2	Couvert.	19	— 0,1	+ 0,5	Couvert.
28	— 0,1	— 0,1	Pluie.	27	0,0	+ 0,2	Id.	20	— 0,1	+ 0,7	Clair.
				28	0,0	+ 1,8	Soleil.	23	0,0	+ 0,2	Id.
								24	— 0,1	+ 0,1	Couvert.
								26	0,0	+ 0,2	Id.
								27	0,0	+ 0,2	Id.
								28	— 0,1	— 0,1	Pluie.
Moy. 19 j.	— 0,09	+ 0,54	7 c. 4 s. 6 p. 2 n.	20 jours.	— 0,11	1,0	7 sol. 10 couv.	24 jours.	— 0,07	+ 0,48	

TABLEAU I.

VARIATIONS DE 0°,2 A 0°,5.

(Février.) (A, la température de l'air au-dessus de l'amphithéâtre. M, la température de l'air au-dessus du marronnier.)

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			DATE.	3 HEURES DU SOIR.			DATE.	9 HEURES DU SOIR.		
	A-M	A-N	ÉTAT DU CIEL.		A-M	A-N	ÉTAT DU CIEL.		A-M	A-N	ÉTAT DU CIEL.
3	+ 0°3	+ 0°2	Brouillard.	1	— 0°5	+ 0°5	Soleil faible.	22	— 0°3	+ 1°1	Nuageux.
4	+ 0,5	— 0,2	Id.	16	— 0,4	+ 0,3	Soleil.	25	— 0,4	+ 0,3	Clair.
7	— 0,5	+ 0,1	Couvert.	19	— 0,3	+ 0,1	Pluie fine.				
8	— 0,3	+ 1,1	Soleil.	23	— 0,4	+ 0,2	Couvert.				
9	— 0,3	+ 0,4	Nuagenx.								
15	— 0,3	+ 0,6	Pluie fine.								
16	— 0,3	+ 0,6	Nuageux.								
Moy. 7 j.	— 0,17	+ 0,4	6 couv. 1 sol.	4 jours.	— 0,4	+ 0,3	2 soleil. 2 couvert.	2 jours.	— 0,35	0,7	1 nuageux, 1 clair.

TABLEAU K.

VARIATIONS DE 0°,5 AU MAXIMUM.

2	— 1,5	+ 0,7	Clair.	15	— 0,8	+ 0,2	Couvert.	2	— 1,0	+ 1,2	Brouillard.
10	— 1,1	+ 0,3	Couvert.					21	— 0,5	— 0,3	Pluie.
Moy. 2 j.	— 1,3	+ 0,5	1 clair. 1 couvert.					2 jours.	— 0,75	+ 0,3	1 brouill. 1 pluie.

En discutant les variations consignées dans les tableaux précédents, on arrive aux conclusions qui suivent : 1° tableau H, variations de 0° à 0°,2 ; à 9 heures du matin on a eu en moyenne, pour 10 journées,

$$A - M = -0°,09 \text{ et } A - N = 0°,54.$$

A 3 heures,

$$A - M = 0°,11,$$

comme à 9 heures du matin,

$$A - N = 1,$$

M avait conservé encore un reste de la chaleur acquise dans la journée.

A 9 heures du soir,

$$A - M = -0°,07;$$
$$A - N = 0°,48.$$

A 9 heures du matin, sur les 19 jours d'observations, il y a eu 15 jours de couverts ou de pluie, et 4 jours seulement de clairs, ce qui explique la faible supériorité de M sur N.

A 9 heures du soir, il y a eu 18 jours sur 24 où le ciel a été couvert ou il a plu ;

Tableau I. Variations de 0°,2 à 0°,5.

A 9 heures du matin,

$$A - M = -0°,17; \qquad A - N = 0°,4.$$

A 3 heures,

$$A - M = -0°,4; \qquad A - N = +0°,3.$$

A 9 heures du soir,

$$A - M = -0°,35; \qquad A - N = +0°,7.$$

L'influence solaire se fait encore sentir sur la température

de l'air au-dessus du marronnier, ce qui indique que le soleil commence à prendre de la force;

3° Quant aux variations maxima, supérieures à 0°,5, elles ont été en trop petit nombre pour qu'on puisse en tirer des conséquences.

Il restait à décider la question suivante : les variations de température qui ont lieu entre A et M, et même N, en moyenne, chaque mois, et dont la cause est due à l'influence solaire, sont-elles du même ordre dans les périodes de froid pendant l'hiver? Pour le savoir, j'ai cherché quelles avaient été les températures dans la période de froid de décembre et les deux de janvier. On trouvera dans le tableau suivant les variations qui ont eu lieu :

TABLEAU M.

PÉRIODE DE FROID DE DÉCEMBRE.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			DATE.	3 HEURES DU SOIR.			DATE.	9 HEURES DU SOIR.		
	A	M	N		A	M	N		A	M	N
19	0,0	— 0,2	— 0,4	24	— 6,7	— 7,1	— 5,0	19	— 1,5	— 1,7	— 1,0
20	1,0	+ 0,5	0,0	25	+ 0,5	— 0,5	— 0,5	20	— 2,0	— 2,3	— 2,2
21	— 1,3	— 1,1	— 0,4	26	— 0,4	— 0,5	— 0,4	21	— 0,8	— 0,8	+ 0,2
22	— 2,6	— 2,5	— 2,1	27	+ 4,6	+ 5,0	+ 4,0	22	— 0,5	— 0,4	— 0,4
24	— 7,8	— 8,3	— 7,4	28	— 1,3	— 1,3	— 1,3	23	— 1,8	— 1,5	— 1,1
25	— 3,4	— 4,1	— 3,4	29	— 2,5	— 2,2	— 2,2	24	— 2,5	— 4,5	— 4,2
26	— 0,4	— 0,5	+ 0,3					25	— 0,6	— 0,4	+ 0,3
Moy. 7 j.	— 2,0	— 2,3	— 1,91	6 jours.	— 0,97	— 1,10	— 0,9	7 jours.	— 1,4	— 1,65	— 1,20

Dans les trois colonnes de trois heures se trouvent les variations correspondant aux températures les plus basses de cet instant de la journée ; mais, pour être dans le vrai, il faut substituer à ces trois colonnes celles qui suivent, et qui contiennent les résultats correspondant aux jours où les observations avaient été faites à 9 h. du matin et à 9 h. du soir.

DATE.	3 HEURES DU SOIR.		
	A	M	N
19	0,2	0,4	0,5
20	3,8	4,0	0,2
21	1,6	1,5	1,4
22	0,8	1,0	0,3
23	0,9	1,0	
24	— 6,7	— 7,1	— 5,0
25	0,5	0,5	— 0,5
Moyennes. 7 jours.	+ 0,16	+ 0,19	— 0,51

Si l'on prend alors les moyennes diurnes des 7 jours de froid, on a les résultats suivants pour la période de froid de décembre, du 19 au 25 :

$$A = -1^\circ,08,$$
$$M = -1^\circ,26,$$
$$N = -1^\circ,20.$$

Les résultats présentent d'assez faibles différences ; celles-ci montrent néanmoins que M, qui représente la température de l'air au-dessus du marronnier, est plus basse de 0°,14 que celle de l'air libre.

Si l'on se borne à comparer les moyennes des observations faites aux trois heures adoptées, on trouve les résultats suivants :

A 9 heures du matin, M était plus basse que A de 0°,31.

A 3 heures, la différence a été de 0°,03 en faveur de M, ce qui a lieu ordinairement. A 9 heures du soir, M était plus basse de 0°,26 que A, et de 0°,70 que N. La période de froid de 7 jours n'a rien présenté de particulier.

Passons aux périodes de froid de janvier. La première va du 2 au 11; la deuxième, du 12 au 20; la troisième, du 21 au 31, laquelle correspond au dégel. Notre intention, en agissant ainsi, a été de voir quels étaient les effets résultant de la persistance du froid sur la température de l'air aux trois stations, ainsi que les effets de température provenant du dégel.

PREMIÈRE PÉRIODE.

DU 2 AU 11 JANVIER.

9 HEURES DU MATIN.			ÉTAT DU CIEL.	3 HEURES DU SOIR.			ÉTAT DU CIEL.	9 HEURES DU SOIR.			ÉTAT DU CIEL.
A	M	N		A	M	N		A	M	N	
0,2	— 0,4	1,0	Couvert.	— 1,7	1,8	0,8	Clair.	— 1,0	— 0,1	— 0,8	Couvert.
— 3,0	— 3,2	— 3,9	Id.	— 0,2	— 0,3	0,0	Couvert.	— 1,5	— 1,7	— 3,2	Id.
— 3,0	— 3,3	— 3,8	Id.	1,8	1,8	1,8	Id.	»	»	»	»
— 2,4	— 2,5	— 2,3	Id.	— 4,5	— 4,3	— 4,2	Clair.	— 6,5	— 6,8	— 6,1	Id.
— 4,0	— 4,2	— 5,0	Id.	0,0	0,1	0,0	Id.	— 2,2	— 1,3	— 3,0	Id.
— 4,0	— 5,5	— 5,3	Soleil.	— 1,6	— 1,0	— 2,4	Id.	— 5,6	— 6,1	— 5,3	Étoilé.
— 5,6	— 6,0	— 7,2	Id.	— 1,1	— 0,0	— 2,4	Soleil.	— 5,3	— 5,5	— 4,9	Couvert.
— 4,7	— 5,2	— 5,2	Mi-Soleil.	— 3,0	— 3,2	— 3,1	Couvert.	— 3,0	— 3,6	— 3,6	Id.
— 6,1	— 6,2	— 5,8	Couvert.	— 5,3	— 5,8	— 5,3	Id.	— 4,8	— 5,5	— 5,6	Id.
— 3,55	— 3,39	— 4,28		— 1,73	— 1,23	— 1,64		— 3,32	— 3,95	— 3,61	

Dans cette première période, M est égale à A, et moins basse que N de 0°,31.

$$A = -\ 2^{\circ},87,$$
$$M = -\ 2^{\circ},86,$$
$$N = -\ 3^{\circ},18.$$

DEUXIÈME PÉRIODE.

DU 12 AU 20 JANVIER.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			ÉTAT DU CIEL.	3 HEURES DU SOIR.			ÉTAT DU CIEL.	9 HEURES DU SOIR.			ÉTAT DU CIEL.
	A	M	N		A	M	N		A	M	N	
12	— 5,6	— 6,5	— 5,4	Couvert.	— 2,1	— 2,3	— 3,0	Soleil.	— 4,5	— 4,8	— 5,8	Couvert.
13	— 6,5	— 6,7	— 7,5	Id.	— 4,6	— 5,0	— 5,4	Couvert.	— 7,8	— 7,5	— 5,6	Id.
14	— 4,0	— 4,3	— 4,0	Id.	— 1,5	0,0	— 1,2	Id.	— 3,1	— 2,6	— 2,2	Id.
15	— 4,5	— 5,4	— 5,4	Soleil.	- 1,0	— 0,5	2,4	Soleil.	— 6,9	— 6,7	— 5,2	Id.
16	— 5,9	— 6,0	— 6,4	Id.	— 1,4	— 1,3	— 2,5	Id.	— 8,2	— 7,9	— 7,8	Id.
17	— 3,5	— 4,0	— 3,6	Couvert.	— 0,5	— 0,6	— 0,2	Couvert	— 1,1	— 1,0	— 0,8	Id.
18	1,5	1,8	1,6	Id.	0,5	2,5	— 1,0	Id.	+ 1,2	+ 1,5	+ 1,0	Id.
19	— 2,2	— 1,8	— 2,2	Id.	»	»	»	»	— 3,3	— 2,0	— 3,2	Id.
20	— 2,5	— 3,0	— 2,2	Id.	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,2	Légère pluie.	+ 0,8	+ 1,2	— 0,4	Id.
Moy. 9 j.	— 3,67	— 4,0	— 3,9		— 1,2	— 0,71	— 1,19		— 3,67	— 3,31	— 3,33	

Les moyennes des trois stations sont :

$$A = -2^{\circ},85,$$
$$M = -2^{\circ},67,$$
$$N = -2^{\circ},81.$$

Dans cette seconde période, M est supérieure à A de $0^{\circ},18$, et à N de $0^{\circ},14$.

La troisième période est celle du dégel, avec reprise de

gelée à deux fois ; elle est l'intermédiaire indispensable pour connaître l'influence du froid sur M.

TROISIÈME PÉRIODE.

DU 21 AU 31 JANVIER.

DATE.	9 HEURES DU SOIR.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU MATIN.		
	A	M	N	A	M	N	A	M	N
21	2,0	1,8	0,4	3,8	4,8	3,2	5,7	5,7	4,2
22	2,6	3,3	3,2	2,8	3,0	2,3	0,6	0,9	0,4
23	— 1,2	— 1,0	— 1,0	— 0,6	— 0,3	— 0,2	— 0,8	— 1,0	— 0,4
24	— 1,8	— 2,2	— 2,0	6,5	8,6	3,9	1,8	1,9	0,2
25	4,0	5,5	2,0	8,5	9,8	7,0	9,0	9,7	7,3
26	10,3	12,0	8,2	13,1	15,7	11,8	6,4	8,5	4,6
27	6,6	7,8	5,8	12,3	12,5	10,8	5,3	6,3	5,2
28	2,8	3,1	2,7	7,4	8,4	5,3	3,9	4,5	3,2
29	— 0,5	— 0,5	— 0,4	6,7	7,2	3,2	— 0,9	— 1,0	— 1,2
30	0,2	0,6	0,0	3,2	3,8	2,2	0,4	0,5	0,3
31	0,5	0,4	0,8	0,9	1,1	0,5	0,4	0,4	0,4
Moy. 11 jours	+ 2,63	+ 3,1	+ 2,1	+ 5,9	+ 6,8	+ 4,56	+ 3,1	+ 3,49	2,44

Dans cette troisième période, M a repris son avance habituelle sur A et N.

MOYENNE DE LA TROISIÈME PÉRIODE :

A = + 3°,88,
M = + 4°,40,
N = + 3°,03.

MOYENNES DES TROIS PÉRIODES.

NUMÉRO DE LA PÉRIODE.	A	M	N
Première période.	− 2,87	− 2,86	− 3,18
Deuxième période.	− 2,85	− 2,67	− 2,81
Troisième période.	+ 3,88	+ 4,40	+ 3,03
Moyennes....	− 0,61	− 0,37	− 0,98

Ces derniers résultats montrent que, pendant la première période, l'abaissement de température a été plus grand au-dessus du marronnier qu'au-dessus de l'amphithéâtre, en raison probablement du pouvoir émissif de l'arbre. Pendant la deuxième période, les températures tendaient à s'égaliser, puisqu'elles ne différaient entre elles que de 0°,1, et dans la troisième période M a repris de l'avance comme dans les observations de 3 heures.

Si l'on se reporte à la période de froid de décembre, qui a donné :

$$A = -\ 1^\circ{,}08,$$
$$M = -\ 1^\circ{,}28,$$
$$N = -\ 1^\circ{,}20,$$

et si l'on compare à celle-ci la deuxième période de janvier, on a :

$$M - A = +\ 0^\circ{,}15; \qquad M - N = +\ 0^\circ{,}14.$$

Dans l'autre :

$$M - A = -\ 0^\circ{,}18; \qquad M - N = -\ 0^\circ{,}06.$$

Les opinions émises jusqu'ici touchant l'influence des forêts sur la température moyenne sont contradictoires; M. Boussingault, en discutant ses propres observations et celles de Humboldt, Hall, Rivero et Roulin, faites sous les tropiques, depuis le niveau de la mer jusqu'à des hauteurs où l'on trouve des climats tempérés et polaires, a reconnu que l'abondance des forêts et l'humidité qui en résulte tendent à refroidir le climat, et que la sécheresse et l'aridité produisent un effet contraire. D'un autre côté, Humboldt (*Tableaux de la Nature*), en réunissant un grand nombre d'observations de température faites dans trente-cinq postes militaires de l'Amérique du Nord, s'étendant de 40 degrés en longitude de la pointe de la Floride et de l'île de Thompson, sous 24° 33', au Council-Blaffs sur le Missouri, a cherché si, dans ces lieux, la température moyenne avait éprouvé des changements depuis un certain laps de temps, pendant lequel de grands déboisements ont eu lieu : il a trouvé que cette température n'avait pas été sensiblement modifiée; mais il n'est pas dit que le climat ne l'ait pas été, car le déboisement aurait pu rendre les étés plus chauds et les hivers moins froids, sans pour cela que la température moyenne ait changé, et cependant le climat aurait éprouvé de grandes modifications.

Je n'ai pas eu l'intention de résoudre ici la question relative à la température moyenne des lieux boisés et non boisés placés sous la même latitude; mon but a été seulement de rechercher comment les arbres agissaient sur la température de l'air qui les enveloppait. On était déjà arrivé aux conclusions suivantes, relativement à l'influence des forêts sur la température de l'air :

1° Les bois qui servent d'abris contre tel ou tel vent, froid ou chaud, adoucissent ou refroidissent le climat; vient-on à les abattre, des effets contraires sont produits.

2° La neige, en fondant plus difficilement dans l'intérieur des bois qu'à une certaine distance, indique que le sol est plus froid.

Mes expériences démontrent en outre que les arbres, en s'échauffant ou se refroidissant, sous l'influence du rayonnement solaire ou du rayonnement nocturne, comme tous les corps qui sont à la surface de la terre, et d'autant plus qu'ils ont un pouvoir absorbant et émissif plus considérable, échauffent ou refroidissent l'air ambiant, d'où résulte en premier lieu un courant d'air chaud ascendant, en second lieu un courant d'air froid descendant qui tend à refroidir le matin le sol; tandis que dans le jour des effets contraires sont produits. Les courants d'air chaud emportés par le vent peuvent améliorer la température des localités voisines; ou bien l'air en s'élevant perd une portion de la chaleur sensible qui devient chaleur latente. Quant à la température moyenne annuelle, elle ne diffère que de 0°,28 de celle de l'air libre, observée avec le thermomètre électrique. Ce faible excès tendrait à confirmer les observations faites dans les trente-cinq postes militaires de l'Amérique septentrionale, lesquelles prouvent que les grands défrichements qui ont eu lieu depuis le commencement du siècle n'ont pas modifié sensiblement la température moyenne du nord de l'Amérique.

Le thermomètre électrique pourra servir à résoudre encore d'autres questions qui intéressent la physique terrestre, notamment celle qui concerne la propagation de la chaleur solaire dans la terre, depuis le sol jusqu'à la couche invariable, et l'ac-

croissement de la chaleur d'origine depuis cette même couche jusqu'à une assez grande profondeur; mais ces recherches exigent des trous de sonde, des câbles thermo-électriques et divers accessoires indispensables aux observations, toutes choses qu'il n'a pas été possible jusqu'ici de faire exécuter.

Les documents mis en avant par Arago ne décident pas la question. Il nota ensuite les observations de température faites dans les caves de l'Observatoire à 28 mètres au-dessous du sol depuis un siècle et demi; température qui est celle de la surface en moyenne. On avait négligé le déplacement du zéro; ce déplacement va jusqu'à 1° et demi. Il existe cependant deux observations qui sont à l'abri de ces variations; elles remontent au mois de février 1776. Messier les fit avec un thermomètre construit sous ses yeux et vérifié par lui-même, peu de jours auparavant. Ces deux observations, parfaitement d'accord entre elles, donnent

11°,80 cent.

En 1826, un demi-siècle après, on a trouvé aussi :

11°,80.

Si l'on prend les observations de 1833, on a 0°,07 en plus, ce qui annonce un léger échauffement; et 0°,07 ne serait-il pas dû à une oscillation régulière et accidentelle?

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MAI 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	14°20	15°1	L'état du ciel n'a pas été indiqué pendant ce mois.	13°30	15°4	L'état du ciel n'a pas été indiqué pendant ce mois.	15°0	16°6	L'état du ciel n'a pas été indiqué pendant ce mois.
2	16,10	16,6		19,60	22,2		17,0	19,00	
3	14,70	15,2		18,00	19,2		13,4	15,40	
4	14,40	14,7		21,30	23,2		15,3	16,50	
5	16,50	16,9		23,60	25,2		14,1	15,0	
6	10,5	10,5		17,60	18,0		11,9	12,0	
7	15,80	16,3		22,50	26,50		14,20	15,60	
8	15,40	15,5		17,50	18,70		12,6	12,70	
9	15,20	15,5		19,20	20,80		15,2	15,90	
10	16,50	17,0		21,50	23,2		18,7	19,60	
11	18,1	19,5		24,7	26,4		16,4	17,8	
12	17,5	17,8		18,7	19,7		»	»	
13	16,2	16,5		20,0	21,6		16,4	17,7	
14	16,1	16,7		21,9	22,9		16,0	16,7	
15	17,3	17,3		14,8	15,1		14,0	14,4	
16	17,0	17,0		19,8	21,5		15,6	16,0	
17	15,1	15,8		21,6	23,3		17,8	18,50	
18	22,3	23,2		25,8	28,2		14,9	15,2	
19	12,6	12,5		16,9	17,9		13,0	12,8	
20	13,6	13,5		18,8	19,8		17,4	17,4	
21	17,4	17,4		22,8	24,0		18,0	18,3	
22	16,1	16,1		23,5	26,0		18,1	18,8	
23	»	»		»	»		»	»	
24	16,0	16,6		18,8	18,8		16,1	16,3	
25	18,5	17,4		22,7	23,0		19,2	19,3	
26	16,1	16,4		14,7	15,5		12,4	12,4	
27	13,2	12,8		15,5	15,8		11,3	11,3	
28	14,2	14,1		14,9	14,4		8,8	9,2	
29	12,1	11,8		14,0	14,9		10,6	10,6	
30	9,9	9,7		13,3	13,6		11,6	12,4	
31	15,6	15,9		18,0	19,0		14,5	14,50	
Moy.	15,03	15,71		19,21	20,43		14,80	15,44	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 16°35
au marronnier. 17,19

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

MAI 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	13°9	22°0	12°5	13°7	15°4	15°0
2	16,0	22,8	20,3	26,8	17,1	16,8
3	13,0	21,6	17,4	26,2	13,5	13,5
4	13,8	21,6	19,8	32,6	15,0	15,0
5	16,0	26,0	21,6	35,0	13,4	14,0
6	10,4	19,4	15,8	27,3	11,4	11,4
7	13,7	23,0	22,1	25,9	15,3	15,0
8	16,2	19,1	17,8	22,2	13,0	13,0
9	16,0	17,9	17,4	20,8	14,8	15,3
10	16,4	17,2	20,0	22,4	17,7	18,0
11	18,6	20,2	25,0	23,0	15,8	16,8
12	17,4	19,2	18,1	19,0	13,9	14,0
13	17,3	19,7	19,8	25,4	16,5	16,5
14	16,8	18,1	20,2	22,2	14,6	15,4
15	17,7	20,8	15,4	17,0	13,4	13,2
16	16,2	21,0	19,6	22,3	15,6	16,0
17	15,9	16,8	22,2	25,8	17,2	17,6
18	21,4	28,0	25,5	26,6	15,5	15,3
19	13,0	13,9	17,6	18,9	13,0	13,4
20	14,4	19,0	18,6	19,3	15,8	15,8
21	17,0	25,3	21,8	31,6	17,2	17,2
22	16,4	25,6	22,1	32,8	15,8	16,6
23	20,9	26,2	25,0	29,0	19,7	20,8
24	17,0	18,8	18,6	20,8	15,6	15,5
25	19,3	23,2	22,1	26,0	18,8	19,6
26	15,8	16,5	15,0	14,8	12,8	13,0
27	14,0	16,0	16,0	20,8	10,1	10,0
28	13,9	13,8	14,0	20,8	10,2	10,6
29	13,0	19,0	15,0	18,4	10,1	10,6
30	10,3	10,8	14,0	15,0	12,0	12,0
31	16,6	20,0	18,8	19,6	13,8	14,3
Moyennes.	12,52	15,97	14,64	20,08	23,28	14,90

Moyennes : au Nord. . . . 14°31
au Midi. . . . 19,42

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUIN 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4	15°8	15°3	Clair.	20°1	20°1	Clair.	13°0	13°2	Nuageux.
5	15,7	14,9	Soleil.	17,6	18,3	Nuageux.	11,7	11,7	»
6	15,9	16,7	Id.	19,7	19,7	Id.	14,0	13,8	»
7	15,8	15,8	Couvert.	17,1	17,3	Couvert.	13,0	12,3	Couvert.
8	17,3	16,2	Soleil.	18,9	19,2	Soleil.	14,3	14,6	Clair.
9	18,1	17,8	Couvert.	22,3	22,2	Id.	16,1	16,1	Pluie.
10	14,0	13,4	Id.	17,9	18,0	Éclaircie.	14,5	15,4	Éclaircie.
11	18,4	19,5	Soleil.	21,2	22,0	Soleil.	16,9	16,9	Clair.
12	21,2	21,9	Couvert.	18,8	19,5	Couvert.	16,5	16,6	Couvert.
13	16,1	15,7	Id.	15,7	16,7	Pluie.	14,6	14,6	Id.
14	16,4	15,6	Soleil.	20,3	20,6	Soleil.	14,9	15,1	Clair.
15	17,5	16,4	Id.	20,0	21,9	Id.	14,7	14,7	Id.
16	15,4	15,5	Couvert.	12,2	12,7	Couvert.	9,8	9,4	Pluie.
17	13,6	13,6	Id.	15,4	16,2	Id.	11,6	11,6	Couvert.
18	15,4	15,4	Soleil.	19,0	19,9	Soleil.	15,3	15,7	Clair.
19	14,5	14,4	Pluie fine.	21,5	21,6	Id.	18,3	19,1	Id.
20	15,7	16,3	Couvert.	19,3	20,5	Beau temps.	16,3	16,5	Demi-clair.
21	17,7	17,5	Soleil.	19,0	19,0	Couvert.	15,7	16,2	Clair.
22	18,9	18,8	Nuageux.	20,2	20,6	Demi-clair.	16,1	16,4	Id.
23	20,8	21,9	Beau temps.	26,7	26,5	Id.	21,3	22,5	Nuageux.
24	23,3	23,7	Demi-couvert.	27,0	28,4	Demi-couvert.	21,0	22,4	Demi-couvert.
25	18,4	18,3	Couvert.	21,7	21,7	Couvert.	20,4	20,7	Couvert.
26	22,2	22,5	Id.	17,1	16,7	Id.	16,1	16,1	Demi-couvert.
27	20,0	20,5	Beau temps.	24,3	25,2	Beau temps.	19,1	19,1	Légèrem. couvert.
28	19,1	19,1	Couvert.	20,4	22,4	Soleil.	17,1	17,1	Clair.
29	16,0	15,3	Demi-couvert.	19,1	17,8	Id.	14,3	14,0	Pluie fine.
30	15,4	15,1	Couvert.	17,6	17,5	Couvert.	13,2	13,0	Couvert.
Moy.	17,30	17,30		19,3	20,0		15,56	15,7	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 17°45
au marronnier. 17,70

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JUIN 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	»	17°4	»	24°8	»	17°0
2	»	19,2	»	22,5	»	15,0
3	»	20,8	»	20,8	»	14,4
4	17°5	21,2	19°4	21,2	12°0	12,6
5	15,1	21,4	18,0	20,8	12,0	12,7
6	16,8	25,1	20,4	20,0	14,3	15,0
7	16,7	21,6	17,3	22,8	12,6	13,0
8	17,1	23,0	18,6	22,2	13,2	14,0
9	18,2	19,2	20,3	21,0	15,5	15,8
10	14,5	16,5	13,6	29,0	13,3	13,6
11	18,0	19,4	20,9	26,2	17,9	14,2
12	21,2	24,8	19,8	21,2	16,6	16 9
13	17,2	18,8	16,8	17,4	15,0	15,1
14	16,1	24,4	19,9	29,0	13,9	14,2
15	17,5	19,0	20,4	23,6	14,0	14,5
16	15,4	16,6	14,0	14,4	10,6	10,0
17	14,4	15,1	16,5	18,0	12,0	12,2
18	17,0	22,0	19,6	22,2	13,4	14,0
19	15,3	18,0	22,4	20,8	16,1	16,4
20	16,2	16,9	19,5	25,0	16,0	16,4
21	17,6	18,8	19,5	21,3	14,3	14,5
22	18,2	25,5	20,2	23,7	15,0	15,0
23	21,1	27,0	25,8	34,2	19,8	21,0
24	24,3	24,6	27,0	30,0	19,7	20,8
25	19,1	20,0	22,0	22,2	20,0	20,8
26	22,7	24,0	17,9	20,0	16,2	16,4
27	21,5	27,0	25,2	33,6	17,6	18,0
28	19,0	18,8	22,4	27,8	16,4	16,9
29	17,2	19,8	19,0	21,0	14,0	14,2
30	16,6	18,0	17,4	19,7	12,9	13,0
Moyennes.	17,8	20,8	19,90	23,21	15,0	15,25

Moyennes : au Nord. . . . 17°60
au Midi. 19,75

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUILLET 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	14°1	14°1	Demi-couvert.	17°3	17°3	Demi-couvert.	15°0	14°6	Clair.
2	17,1	16,4	Couvert.	22,0	22,3	Id.	18,5	18,5	Demi-couvert.
3	19,8	19,8	Demi-couvert.	23,3	24,5	Couvert.	20,4	20,5	Couvert.
4	20,8	21,4	Id.	24,8	25,0	Beau temps.	19,7	19,8	Beau temps.
5	16,6	16,4	Soleil.	21,9	21,8	Id.	17,7	18,1	Id.
6	19,2	18,8	Id.	19,8	19,8	Demi-couvert.	14,0	13,3	Couvert.
7	14,1	13,7	Nuageux.	20,0	19,6	Soleil.	14,3	14,3	Id.
8	15,6	14,8	Couvert.	21,2	22,2	Id.	15,2	14,8	Clair.
9	18,2	18,2	Beau temps.	23,9	24,6	Id.	17,3	17,8	Id.
10	19,4	18,4	Id.	25,2	26,8	Id.	20,9	21,0	Id.
11	25,2	25,1	Id.	24,4	25,1	Id.	20,0	20,0	Id.
12	18,8	18,1	Demi-Clair.	21,2	22,0	Orage et tonnerre.	17,1	17,0	Couvert.
13	19,9	18,7	Soleil.	24,3	24,6	Clair.	19,3	19,5	Clair.
14	20,5	21,2	Id.	20,5	20,4	Pluie fine.	16,6	16,0	Couvert.
15	19,9	19,9	Couvert.	26,4	26,5	Soleil.	20,7	20,9	Clair.
16	25,8	26,2	Demi-clair.	21,7	25,4	Orage et tonnerre, trombe épouvant.	17,0	17,2	Couvert.
17	18,4	18,4	Couvert.	23,5	24,6	Soleil.	16,4	16,1	Pluie.
18	19,5	19,5	Demi-clair.	19,6	19,6	Sombre.	15,3	14,4	Couvert.
19	15,2	15,2	Pluie.	20,6	20,5	Soleil.	14,5	14,4	Id.
20	17,1	17,4	Nuageux.	18,2	18,0	Couvert	15,0	13,3	Id.
21	21,5	21,0	Soleil.	22,7	23,6	Nuageux	14,5	13,8	Pluie.
22	15,4	15,4	Couvert.	18,3	18,3	Pluie.	14,4	14,6	Id.
23	17,5	17,0	Nuageux.	19,6	19,4	Nuageux.	16,3	15,8	Id.
24	16,9	16,4	Id.	19,1	19,1	Pluie.	15,0	15,0	Clair.
25	17,0	16,7	Soleil et nuages.	19,5	19,4	Soleil et nuages.	14,4	14,1	Id.
26	17,4	16,6	Id.	18,5	19,4	Id.	14,8	14,3	Id.
27	16,1	16,3	Id.	21,6	22,0	Id.	15,7	13,5	Pluie.
28	15,0	14,5	Pluie.	20,9	20,6	Id.	16,2	16,0	Couvert.
29	15,8	15,5	Couvert.	18,7	18,0	Pluie à 1 h. Couv.	14,4	14,4	Id.
30	14,6	14,6	Pluie.	16,9	16,5	Id.	13,5	13,8	Clair.
31	15,9	15,2	Couvert.	17,3	17,7	Pluie.	14,5	14,4	Id.
Moy.	18,0	17,7		21,00	21,4		16,40	16,2	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . 18°50
au marronnier. . . . 18,50

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JUILLET 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	14°0	16°1	17°7	20°7	14°6	14°2
2	17,7	20,8	22,3	27,0	16,3	17,8
3	19,3	22,2	24,2	25,4	19,3	20,8
4	21,2	28,0	24,4	32,0	19,8	21,0
5	16,0	25,4	20,8	29,2	17,2	17,2
6	20,0	25,8	19,1	22,8	14,4	15,7
7	14,1	17,4	18,8	28,2	15,3	15,2
8	15,6	18,2	20,8	29,0	14,6	14,8
9	18,3	27,0	23,6	34,0	17,0	17,2
10	18,9	27,6	24,5	33,7	20,0	20,0
11	23,3	33,4	24,5	27,0	19,0	19,4
12	19,8	27,2	22,7	25,0	16,8	17,0
13	19,4	27,6	23,5	32,8	19,0	19,0
14	20,2	22,3	20,2	21,1	17,7	17,6
15	20,5	21,0	25,7	29,3	19,6	20,3
16	25,3	29,0	19,7	20,8	17,7	18,0
17	19,6	20,2	27,3	28,0	16,6	17,2
18	19,2	26,8	19,0	20,1	14,5	14,9
19	15,6	18,4	19,5	23,0	15,4	16,0
20	16,6	17,3	18,0	18,9	13,8	14,4
21	21,0	22,9	23,4	27,6	14,4	14,8
22	15,6	16,2	16,8	19,6	14,5	14,8
23	17,3	18,5	20,3	26,0	15,6	15,8
24	17,0	18,3	18,3	20,8	13,2	15,5
25	17,3	20,8	19,0	28,8	14,2	14,2
26	15,6	16,8	18,4	29,0	14,3	14,4
27	18,5	26,2	19,7	20,8	13,0	14,0
28	14,8	16,0	19,6	23,5	14,4	16,3
29	15,7	17,0	17,3	25,2	14,5	14,7
30	16,2	20,7	17,1	18,6	13,6	13,6
31	15,0	24,4	17,0	18,3	14,0	14,4
Moyennes	18,0	22,24	20,7	25,4	16,0	16,42

Moyennes : au Nord. . . . . 18°20
au Midi. 21,35

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AOUT 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	18°8	19°8	Pluie.	21°5	22°6	Couvert.	16°8	17°6	Couvert.
2	13,6	14,0	Couvert.	16,1	16,5	Pluie.	15,5	15,9	Id.
3	13,6	14,6	Pluie.	17,6	18,4	Id.	16,0	15,8	Pluie.
4	16,7	17,0	Couvert.	21,2	21,9	Couvert.	16,5	16,4	Couvert.
5	17,0	17,0	Soleil.	19,3	20,7	Soleil.	14,5	14,7	Clair.
6	17,7	17,2	Couvert.	18,5	18,9	Couvert.	12,8	12,9	Id.
7	15,8	15,9	Soleil.	17,4	17,0	Soleil.	13,2	13,8	Couvert.
8	17,9	17,3	Couvert.	17,6	18,2	Grand vent.	17,2	17,2	Clair.
9	17,1	17,4	Pluie.	18,5	19,1	Soleil.	13,8	14,1	Id.
10	19,8	19,3	Soleil.	21,7	22,4	Id.	14,9	15,5	Id.
11	15,4	14,9	Pluie.	22,2	23,0	Soleil.	16,1	16,1	Couvert.
12	16,7	16,2	Soleil.	19,3	19,8	Soleil et nuages.	14,7	14,6	Clair.
13	17,4	17,0	Soleil et nuages.	20,1	20,3	Soleil.	16,2	16,3	Couvert.
14	16,5	16,5	Id.	21,5	22,7	Id.	17,3	17,3	Id.
15	19,9	19,7	Id.	22,8	23,3	Soleil et nuages.	18,8	19,6	Clair.
16	18,5	18,7	Pluie.	21,7	21,8	Pluie.	15,0	14,2	Id.
17	17,5	17,6	Soleil.	20,0	20,2	Soleil.	12,3	11,5	Id.
18	16,9	16,7	Id.	17,8	17,4	Couvert.	16,6	16,5	Pluie.
19	16,9	16,2	Couvert.	18,6	19,1	Id.	16,7	16,7	Couvert.
20	17,7	17,8	Id.	18,0	18,5	Id.	13,7	13,7	Clair.
21	17,1	16,5	Soleil et nuages.	16,3	15,9	Id.	14,4	14,7	Couvert.
22	15,2	14,7	Couvert.	16,2	15,9	Pluie.	15,2	15,1	Id.
23	15,5	15,6	Soleil.	18,8	19,4	Soleil.	13,2	13,3	Id.
24	15,3	15,8	Couvert.	18,2	19,1	Pluie.	16,8	16,9	Clair.
25	10,0	20,4	Soleil.	23,7	24,2	Soleil.	16,5	17,2	Id.
26	21,7	22,0	Id.	24,0	25,2	Id.	17,5	18,6	Id
27	19,2	19,3	Couvert.	23,2	24,0	Id.	16,8	17,3	Couvert.
28	20,0	20,4	Soleil.	23,0	23,5	Soleil et nuages.	16,9	16,7	Id.
29	17,5	17,5	Couvert.	21,4	21,5	Pluie.	18,8	18,5	Clair.
30	18,6	18,6	Id.	20,5	20,5	Id.	18,6	18,9	Id.
31	16,0	15,7	Pluie.	16,9	17,1	Couvert.	15,3	15,3	Couvert.
Moy.	17,3	17,00		19,8	20,2		15,8	16,0	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 17°64
au marronnier. 17,70

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

AOUT 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	18°2	21°0	21°1	29°0	17°0	17°5
2	16,0	17,0	15,8	17,0	15,8	15,7
3	15,2	16,3	18,7	19,9	16,8	17,2
4	18,7	20,0	21,9	29,3	16,6	16,8
5	18,6	21,2	20,8	24,6	14,2	14,7
6	17,6	18,6	19,3	25,6	13,2	13,6
7	16,0	23,0	15,7	16,4	13,2	13,6
8	17,3	22,2	18,6	20,0	16,6	16,7
9	18,0	20,0	18,6	21,1	13,4	13,6
10	17,7	26,2	20,8	29,2	13,4	14,0
11	14,0	14,1	21,0	25,0	15,8	16,1
12	17,3	24,8	19,0	24,2	13,7	14,2
13	17,3	18,8	20,2	21,2	15,3	15,7
14	17,2	18,5	21,9	29,0	17,0	17,7
15	18,8	19,7	21,6	25,0	17,4	17,6
16	17,8	18,7	20,0	20,8	14,4	15,0
17	15,5	16,7	20,0	20,0	11,2	11,8
18	17,5	23,2	16,7	17,4	15,3	15,6
19	16,8	17,5	18,4	19,0	16,2	16,4
20	17,3	19,4	18,4	18,9	13,4	13,8
21	18,6	28,6	16,8	18,7	14,7	15,1
22	15,3	16,0	16,4	16,8	15,0	15,0
23	16,0	20,3	18,8	22,2	13,3	13,7
24	16,5	17,6	19,1	24,6	16,4	16,7
25	19,4	24,6	21,5	24,6	15,0	15,2
26	21,8	29,6	24,7	29,0	16,6	16,8
27	18,7	21,1	22,1	24,6	16,8	17,0
28	19,4	26,0	20,8	23,0	15,7	16,2
29	17,2	17,6	19,6	20,8	18,0	18,2
30	18,0	18,0	20,0	20,8	17,8	19,0
31	15,8	16,6	17,5	18,1	15,0	15,5
Moyennes.	17,17	22,03	19,54	22,43	15,32	15,06

Moyennes : au Nord. . . . 17°58
au Midi. . . . 20,04

56.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

SEPTEMBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	19°0	19°0	Soleil	23°8	23°8	Soleil.	15°7	15°8	Clair.
2	14,4	14,2	Id.	22,8	23,0	Id.	15,0	15,8	Couvert et pluie.
3	18,6	18,7	Id.	21,3	21,0	Id.	13,6	13,9	Clair.
4	18,0	18,1	Id.	22,0	21,4	Soleil.	14,3	14,9	Id.
5	18,5	17,7	Id.	20,7	21,3	Id.	14,9	15,2	Couvert.
6	15,0	15,3	Pluie.	21,9	22,0	Id.	15,5	15,9	Clair.
7	16,8	16,4	Soleil.	19,7	21,6	Id.	16,1	16,4	Couvert.
8	15,4	15,8	Couvert.	17,5	18,6	Couvert.	16,2	16,4	Id.
9	16,6	15,8	Couvert et soleil.	18,3	18,0	Soleil.	11,1	11,5	Clair.
10	14,1	14,4	Id.	16,4	16,1	Couvert.	11,7	11,6	Couvert et vent.
11	15,0	14,6	Soleil.	17,5	17,5	Soleil.	10,2	10,1	Clair.
12	16,1	16,7	Id.	19,9	20,1	Id.	12,0	11,9	Id.
13	19,9	21,9	Id.	21,3	22,5	Id.	16,3	16,4	Id.
14	19,9	20,6	Soleil et nuages.	14,8	20,4	Id.	12,6	13,8	Id.
15	15,1	15,0	Soleil.	20,3	21,2	Id.	13,6	13,9	Id.
16	15,0	14,7	Couvert.	17,5	17,9	Couvert.	14,3	14,7	Id.
17	16,0	16,1	Soleil et nuages.	24,2	25,3	Id.	17,0	17,0	Id.
18	16,3	16,3	Pluie.	16,6	16,5	Pluie.	11,1	10,8	Id.
19	16,1	16,2	Couvert.	19,6	21,6	Couvert.	13,3	13,1	Id.
20	17,6	17,2	Soleil et nuages.	15,5	15,3	Soleil et nuages.	12,5	12,6	Couvert.
21	17,8	17,6	Id.	19,5	20,2	Pluie.	16,9	17,7	Clair de lune.
22	18,2	18,4	Id.	18,7	19,9	Id.	14,3	14,7	Pluie.
23	16,5	16,5	Couvert.	14,5	14,8	Id.	13,8	13,7	Couvert.
24	11,0	12,1	Pluie dans la nuit	13,4	13,5	Grande pluie.	15,4	15,5	Pluie.
25	11,6	11,6	Soleil, grand vent.	18,5	18,1	Soleil.	9,5	9,6	Couvert.
26	10,6	10,6	Pluie et grand vent.	16,7	17,3	Couvert.	12,4	12,6	Id.
27	14,2	14,0	Couvert.	15,8	16,1	Pluie.	13,7	13,9	Id.
28	17,6	17,3	Soleil	17,3	17,6	Pluie fine.	12,3	12,4	Clair.
29	14,2	14,0	Couvert.	16,2	16,2	Couvert.	10,8	10,7	Id.
30	14,0	14,3	Id.	15,3	11,0	Pluie.	14,1	13,4	Couvert.
Moy.	16,0	16,0		18,75	19,12		13,70	13,83	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 16°26
au marronnier. 16,32

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

SEPTEMBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	18°4	21,6	18°6	20°9	15°0	15°0
2	15,4	22,6	19,2	27,6	15,1	15,8
3	17,1	27,6	18,2	20,8	13,8	13,6
4	16,9	20,8	19,0	27,8	14,0	14,3
5	16,4	21,4	19,8	28,0	15,0	15,0
6	16,8	18,8	20,0	28,0	14,3	14,7
7	16,1	21,2	19,6	23,3	15,9	16,0
8	16,0	17,5	17,1	17,8	15,8	15,8
9	16,0	20,8	16,8	18,6	12,4	12,1
10	15,4	24,4	16,9	17,8	11,8	12,0
11	14,3	22,2	16,4	21,0	10,5	10,4
12	14,9	26,4	17,4	27,0	10,6	11,4
13	15,4	29,0	21,0	34,4	15,7	16,2
14	20,2	23,2	19,4	20,6	12,3	12,4
15	15,8	22,0	18,5	23,2	13,6	14,0
16	15,6	21,2	17,4	18,8	13,7	14,0
17	16,4	20,6	20,8	27,2	15,6	16,4
18	16,0	20,5	16,8	23,0	16,2	16,2
19	16,1	16,7	18,9	23,0	14,0	14,4
20	16,4	24,7	14,9	15,8	12,9	13,7
21	17,1	18,7	19,1	19,5	15,6	15,6
22	17,4	18,7	18,7	19,9	14,0	14,4
23	16,0	16,4	17,8	»	13,7	»
24	16,0	16,7	14,0	»	15,5	»
25	12,5	»	13,8	»	9,0	»
26	10,9	»	14,7	»	12,2	12,5
27	14,0	14,3	14,7	14,8	13,8	13,8
28	15,2	27,8	14,4	14,8	13,9	11,0
29	12,8	13,8	16,5	18,4	10,6	11,0
30	13,0	16,2	15,0	17,0	12,5	12,8
Moyennes.	15,70	20,9	17,56	21,9	12,96	16,55

Moyennes : au Nord. . . . 15°74
au Midi. . . . 19,73

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

OCTOBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	13°2	13°0	Soleil.	15°5	19°0	Soleil.	11°7	11°6	Couvert.
2	14,2	14,0	Id.	16,8	16,8	Id.	11,0	13,0	Id
3	14,0	14,5	Couvert.	16,8	17,0	Couvert.	11,2	11,0	Id.
4	11,6	11,8	Id.	15,8	15,7	Pluie.	8,4	8,6	Pluie.
5	12,0	12,6	Soleil.	15,8	15,6	Couvert.	12,2	12,1	Couvert.
6	16,9	16,9	Couvert.	18,1	17,4	Id.	11,5	12,2	Clair.
7	13,8	14,0	Id.	15,5	16,2	Id.	13,6	14,0	Couvert.
8	12,8	12,8	Soleil.	15,6	15,6	Soleil.	12,2	11,8	Id.
9	8,8	9,1	Pluie.	10,6	10,2	Pluie.	7,5	6,8	Clair.
10	9,5	9,3	Mi-couvert.	9,2	9,2	Id.	8,3	8,0	Pluie.
11	11,1	11,1	Pluie.	10,4	10,2	Id.	8,0	7,8	Pluie et grand vent.
12	9,1	8,0	Soleil et nuages.	9,3	8,7	Soleil.	5,2	4,9	Clair et frais.
13	5,6	5,2	Pluie.	10,5	10,7	Couvert.	10,5	10,7	Couvert, vent.
14	12,3	12,6	Soleil.	12,5	12,5	Pluie.	9,2	9,3	Pluie.
15	11,4	11,4	Couvert.	11,8	12,2	id.	12,4	12,8	Id.
16	15,2	15,4	Id.	15,4	15,6	Couvert.	10,5	10,4	Couvert.
17	15,5	15,4	Beau temps.	16,6	16,4	Beau temps.	10,5	10,5	Id.
18	12,2	12,4	Couvert.	14,4	14,4	Couvert.	12,4	12,4	Pluie.
19	13,2	13,1	Id.	16,5	16,7	id.	12,6	12,7	Couvert.
20	15,8	15,9	Soleil.	14,9	14,8	Soleil.	12,2	12,3	Clair.
21	13,1	13,2	Id.	16,8	16,6	Id.	7,6	7,5	Id.
22	8,3	7,1	Couvert.	18,4	18,4	Id.	10,1	9,7	Id.
23	11,8	11,3	Id.	18,1	18,1	Id.	12,4	12,5	Id.
24	12,0	12,4	Soleil.	22,6	22,6	Id.	14,8	15,1	Id.
25	19,5	18,7	Couvert.	18,5	18,5	Couvert à demi.	15,4	15,2	Id.
26	19,6	19,6	Clair.	18,7	18,2	Id.	12,6	13,7	Id.
27	20,1	21,0	Beau.	21,6	21,6	Beau.	13,5	13,8	Id.
28	18,3	19,0	Id.	22,0	22,0	Id.	17,0	16,0	Id.
29	17,6	18,0	Id.	23,0	23,0	Id.	11,7	11,7	Id.
30	»	»	Id.	6,3	6,3	Brouillard.	5,3	5,3	Couvert.
31	5,7	5,5	Id.	7,4	7,2	Id.	7,8	8,6	Demi-clair.
Moy.	13,00	13,16		15,33	15,30		10,94	11,06	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 13°09
au marronnier. . . . 13,17

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

OCTOBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	13°8	14°6	15°4	16°8	12°8	12°3
2	14,8	24,5	15,6	17,0	11,6	11,8
3	14,8	16,0	16,7	17,1	11,7	12,0
4	11,0	17,1	13,8	19,8	7,0	7,7
5	12,0	20,5	14,8	15,9	12,2	12,6
6	16,0	17,0	16,6	17,1	10,5	10,8
7	13,0	18,8	15,3	15,8	13,6	13,8
8	13,6	14,0	14,6	17,8	11,6	11,0
9	9,5	10,2	8,4	10,5	6,4	5,8
10	8,9	11,0	9,0	9,2	8,4	8,2
11	11,0	10,7	10,4	10,3	6,1	6,2
12	7,4	14,2	7,4	8,1	4,3	4,4
13	5,5	5,5	10,2	10,5	10,8	10,5
14	10,4	12,2	11,0	11,5	9,1	9,7
15	11,6	12,5	11,4	11,4	12,4	12,6
16	15,0	15,8	15,0	15,2	10,0	11,0
17	13,6	22,2	14,3	16,0	16,2	11,0
18	10,9	12,2	13,3	13,6	12,0	12,0
19	14,3	15,0	16,8	17,1	13,2	14,2
20	15,4	22,0	14,0	15,4	15,0	15,2
21	13,0	18,0	17,8	15,0	11,8	18,0
22	7,3	14,0	7,8	7,8	12,0	12,5
23	10,4	11,6	13,0	13,0	10,5	10,8
24	11,2	11,8	17,4	29,0	13,0	13,1
25	16,7	18,9	16,9	17,0	11,0	11,8
26	17,0	20,0	17,0	30,0	10,5	11,0
27	16,5	22,0	18,0	27,0	11,6	12,2
28	15,1	27,4	19,0	28,0	12,1	13,0
29	16,3	27,5	19,3	29,5	12,3	10,0
30	5,3	6,1	6,5	6,8	6,0	6,2
31	6,2	6,7	7,2	7,6	8,0	8,0
Moyennes.	12,55	15,8	13,47	15,7	10,60	10,96

Moyennes : au Nord. . . . 12°21
au Midi. . . . 14,00

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

NOVEMBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	7°5	6°8	Couvert.	7°2	6°3	Couvert.	7,1	7°3	Couvert.
2	5,5	5,0	Soleil.	9,2	9,3	Id.	7,6	7,7	Clair.
3	6,9	6,9	Id.	11,5	11,4	Soleil.	5,6	5,7	Id.
4	3,3	3,7	Id.	10,8	10,8	Id.	1,0	0,6	Id.
5	1,5	1,6	Id.	4,1	3,3	Id.	0,8	1,6	Id.
6	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7	»	»	»	»	»	»	»	»	»
8	4,85	4,1	Id.	13,6	14,06	Id.	3,6	3,35	Id.
9	4,5	4,0	Id.	6,5	6,5	Id.	2,4	2,4	Id.
10	3,0	3,0	Id.	5,6	5,95	Id.	0,15	1,2	Id.
11	3,05	2,95	Id.	9,7	11,0	Id.	3,0	4,6	Clair.
12	4,25	4,45	Id.	13,1	13,2	Id.	8,60	9,25	Id.
13	8,5	8,8	Couvert.	14,3	14,3	Couvert.	13,1	13,1	Couvert.
14	9,7	9,7	Id.	12,6	12,2	Id.	13,0	12,9	Id.
15	13,7	13,7	Pluie.	10,5	11,7	Id.	10,4	10,2	Id.
16	7,3	7,2	Soleil.	11,2	11,0	Id.	4,9	5,1	Id.
17	5,0	4,8	Pluie.	11,8	12,4	Pluie.	7,1	6,5	Id.
18	5,5	5,3	Soleil.	9,2	9,2	Soleil par intervalle	4,0	»	Clair.
19	»	5,0	Clair.	8,5	9,5	Nuageux.	2,5	2,6	Id.
20	— 0,3	— 1,0	Brouillard.	2,1	2,3	Couvert.	2,0	0,9	Id.
21	+ 1,3	+ 0,4	Clair.	2,5	3,0	Id.	4,3	4,7	Couvert.
22	8,9	9,9	Pluie.	»	12,6	Id.	6,0	7,3	Clair de lune.
23	6,0	6,6	Couvert.	8,9	9,8	Demi-couvert.	6,1	6,2	Nuageux.
24	4,1	4,2	Couvert, brouillard	5,1	5,4	Couvert, brouillard	4,4	5,3	Id.
25	4,4	4,5	Couvert.	7,9	7,8	Couvert.	4,2	4,5	Pluie.
26	7,6	7,6	Soleil.	»	»	Nuageux.	6,4	6,4	Clair.
27	5,0	5,0	Couvert.	9,5	9,9	Couvert.	5,9	7,3	Pluie.
28	7,8	7,9	Clair.	9,2	9,4	Id.	6,8	6,5	Clair.
29	8,1	8,1	Couvert.	11,4	11,7	Id.	8,5	8,6	Couvert.
30	12,1	12,7	Demi-clair.	9,9	10,3	Id.	9,1	8,9	Clair.
Moy.	5,79	5,81		9,00	9,44		5,66	5,94	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 6°82
au marronnier. . . . 7,06

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

NOVEMBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	6°0	8°0	7°4	8°0	7°6	7°8
2	5,6	6,0	9,3	9,6	7,8	5,6
3	4,8	15,0	9,8	10,4	5,9	3,8
4	3,3	13,8	8,9	8,6	1,0	1,8
5	1,1	2,3	2,6	2,3	»	1,0
6	»	4,9	»	»	»	»
7	»	»	»	»	»	»
8	3,7	13,0	7,6	8,6	3,6	3,6
9	3,6	11,4	4,6	5,7	2,2	2,2
10	1,0	8,5	4,1	4,7	1,2	1,0
11	1,0	7,3	8,2	9,2	3,6	3,0
12	3,2	8,7	9,4	10,0	5,8	6,2
13	8,1	8,1	14,0	12,4	10,0	10,2
14	8,2	13,0	12,0	12,4	12,0	12,2
15	11,6	11,2	11,0	11,0	8,2	8,4
16	5,5	11,8	8,5	9,9	4,5	4,5
17	5,0	5,5	9,6	9,6	5,4	5,4
18	4,8	10,0	7,0	7,0	4,8	2,6
19	4,0	5,0	7,7	8,0	1,5	2,2
20	0,0	0,0	2,1	3,8	— 0,3	— 0,4
21	1,7	0,0	2,5	2,7	+ 5,2	+ 5,0
22	8,7	9,0	10,1	11,0	4,8	4,4
23	5,5	5,7	7,8	8,2	6,2	6,8
24	4,2	4,5	4,9	5,0	5,1	5,4
25	4,8	5,1	6,4	7,2	4,5	4,4
26	6,0	7,2	8,7	9,3	4,4	4,4
27	4,9	8,2	8,4	9,0	7,0	7,2
28	6,4	7,4	8,0	8,6	5,0	5,2
29	8,0	8,0	10,0	10,3	7,0	7,3
30	11,0	11,8	9,4	9,8	6,2	6,4
Moyennes.	5,00	7,94	7,46	8,3	5,00	4,55

Moyennes : au Nord. . . . 5°82
au Midi. 6,92

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DÉCEMBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	8°3	8°3	Demi-couvert.	9°9	10°1	Demi-couvert.	7°6	8°2	Clair.
2	4,6	4,8	Demi-clair.	9,6	9,5	Couvert.	9,7	9,2	Couvert.
3	8,5	8,5	Couvert.	9,5	9,3	Id.	9,3	9,8	Pluie abondante.
4	9,4	9,7	Clair, soleil.	14,1	15,0	Nuageux.	9,1	9,4	Clair.
5	10,4	10,2	Couvert.	10,4	11,1	Pluie.	8,5	9,0	Id.
6	9,1	9,3	Pluie fine.	11,7	11,7	Couvert.	11,2	11,6	Couvert.
7	10,0	10,3	Couvert.	10,5	10,8	Id.	8,2	8,8	Clair.
8	8,1	7,7	Demi-couvert, sans soleil.	8,3	8,8	Pluie.	7,0	7,5	Couvert.
9	7,5	7,8	Couvert.	10,2	10,7	Couvert.	7,65	7,5	Demi-couvert.
10	7,1	7,3	Demi-couvert.	9,8	10,0	Nuageux.	7,2	7,3	Couvert.
11	4,2	4,8	Couvert.	6,9	6,9	Couvert.	5,4	5,5	Id.
12	5,7	5,4	Pluie.	4,4	4,6	Pluie.	»	»	Pluie.
13	5,2	5,0	Couvert.	6,2	6,1	Couvert.	2,8	3,8	Couvert.
14	1,0	0,9	Id.	1,6	1,6	Demi-couvert.	2,0	1,9	Id.
15	2,7	2,5	Id.	3,1	3,5	Couvert.	1,2	1,2	Id.
16	0,5	0,3	Id.	2,7	2,9	Id.	4,3	4,8	Id.
17	2,8	2,4	Id.	2,7	3,0	Id.	0,9	1,4	Pluie.
18	1,5	5,6	Soleil.	3,4	4,0	Demi-clair.	0,5	0,68	Id.
19	0,0	— 0,2	Couvert.	0,2	0,4	Neige.	— 1,5	— 1,7	Couvert.
20	1,0	+ 0,5	Id.	3,8	4,0	Clair.	— 2,0	— 2,3	Clair.
21	— 1,3	— 1,1	Clair.	1,6	1,5	Couvert, neige.	— 0,8	— 0,8	Neige.
22	— 2,6	- 2,5	Couvert, neige.	— 0,8	1,0	Couvert.	— 0,5	— 0,4	Couvert.
23	+ 1,0	+ 0,9	Couvert.	+ 0,9	1,0	Id.	— 1,8	— 1,5	Id.
24	— 7,8	— 8,3	Id.	— 6,7	— 7,1	Id.	— 2,5	— 4,5	Id.
25	— 3,4	— 4,0	Id.	+ 0,5	+ 0,5	Neige.	— 0,6	— 0,4	Dégel.
26	— 0,4	— 0,5	Id.	— 0,4	— 0,5	Id.	+ 1,6	+ 1,4	Neige.
27	+ 3,8	+ 3,3	Dégel.	+ 4,6	+ 5,0	Pluie.	5,0	5,3	Clair de lune.
28	2,3	2,8	Id.	— 1,3	— 1,3	Couvert.	— 3,6	— 3,2	Id.
29	— 1,5	— 3,2	Clair.	— 2,5	— 2,2	Id.	— 1,2	— 1,0	Couvert.
30	+ 2,4	+ 2,0	Pluie.	+ 5,6	+ 6,0	Id.	7,9	+ 7,6	Id.
31	9,5	9,6	Couvert.	10,2	10,6	Id.	7,0	7,3	Id.
Moy.	+ 3,47	+ 3,14		+ 4,40	5,14		+ 3,56	3,70	

Moyenne : à l'amphithéâtre. . . . 3°81
au marronnier. 3,99

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

DÉCEMBRE 1860.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	6°2	13°0	8°8	9°4	7°4	7°4
2	4,0	5,2	9,0	9,0	7,6	7,6
3	8,0	8,2	8,9	9,4	9,4	9,2
4	8,6	13,0	11,1	12,0	7,0	7,2
5	9,1	9,4	10,2	10,4	8,5	8,6
6	9,1	9,4	10,6	11,0	10,6	11,0
7	9,8	10,0	10,8	11,3	8,2	8,4
8	7,0	7,4	7,8	7,8	7,4	7,7
9	7,7	8,3	9,6	10,0	7,3	7,6
10	7,3	7,8	9,2	9,8	7,5	7,6
11	5,0	5,4	6,9	7,1	6,0	6,0
12	5,2	5,8	5,2	5,8	»	6,0
13	4,8	4,8	4,3	4,4	4,0	4,2
14	1,3	1,6	1,8	1,7	2,0	2,0
15	2,4	2,4	3,3	4,5	0,6	0,2
16	0,6	0,8	2,9	2,4	4,8	4,8
17	2,4	2,8	2,8	3,0	2,2	1,7
18	0,5	1,2	2,6	3,7	0,66	0,6
19	— 0,4	0,0	0,5	0,6	— 1,0	— 1,3
20	0,0	0,8	0,2	1,4	— 2,2	— 1,4
21	— 0,4	0,5	1,4	1,2	+ 0,2	— 0,4
22	— 2,1	— 1,7	0,3	0,3	— 0,4	— 1,1
23	+ 0,6	+ 1,0	0,5	1,0	— 1,1	— 2,3
24	— 7,4	— 7,2	— 5,0	— 5,4	— 4,2	»
25	— 3,4	— 0,4	— 0,5	— 3,0	— 0,3	»
26	+ 0,3	+ 0,6	— 0,4	+ 0,4	1,0	1,0
27	4,0	4,6	+ 4,0	4,4	4,7	3,8
28	2,6	3,0	— 1,3	1,2	— 2,4	— 2,0
29	— 5,6	5,0	— 2,2	3,4	— 1,2	— 0,8
30	+ 1,6	2,4	+ 5,6	7,6	+ 7,5	+ 8,0
31	9,5	10,0	10,5	10,6	8,8	9,5
Moyennes.	3,14	4,36	4,50	4,7	3,60	4,2

Moyennes : au Nord. . . . 3°74
au Midi. . . . 4,42

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JANVIER 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.
1	+ 9°5	+ 9°6	Couvert.	+ 8°5	+ 8,5	Couvert.	— 5°0	— 5°0	Couvert.
2	+ 0,2	— 0,4	Id.	+ 1,7	+ 1,8	Clair.	— 1,0	— 1,1	Id.
3	— 3,0	— 3,2	Id.	— 0,2	— 0,3	Couvert.	— 1,5	— 1,7	Id.
4	— 3,0	— 3,3	Id.	+ 1,8	+ 1,8	Id.	»	»	Id.
5	— 2,4	— 2,5	Id.	— 4,5	— 4,3	Clair.	— 6,5	— 6,8	Id.
6	»	»	Id.	— 1,3	— 2,1	Clair, soleil	— 5,1	— 4,8	Id.
7	— 4,0	— 4,2	Id.	0,0	+ 0,1	Clair.	— 2,2	— 1,3	Id.
8	— 4,0	— 5,5	Soleil.	— 1,6	— 1,0	Id.	— 5,6	— 6,1	Ciel étoilé.
9	— 5,6	— 6,0	Id.	— 1,1	— 0,9	Soleil.	— 5,3	— 5,5	Couvert.
10	— 4,7	— 5,2	Demi-soleil.	— 3,0	— 3,2	Couvert.	— 3,0	— 3,6	Id.
11	— 6,1	— 6,2	Couvert.	— 5,7	— 5,8	Id.	— 4,8	— 5,5	Id.
12	— 5,6	— 6,5	Id.	— 2,1	— 2,3	Soleil.	— 4,5	— 4,8	Id.
13	— 6,5	— 6,7	Id	— 4,6	— 5,0	Couvert.	— 7,8	— 7,5	Id.
14	— 4,0	— 4,3	Id.	— 1,5	— 0,0	Id.	— 3,1	— 2,6	Id.
15	— 4,5	— 5,4	Soleil.	— 1,0	— 0,5	Soleil.	— 6,9	— 6,7	Id.
16	— 5,9	— 6,0	Id.	— 1,4	— 1,3	Id.	— 8,2	— 7,9	Id.
17	— 3,5	— 4,0	Couvert.	— 0,5	— 0,6	Couvert.	— 1,1	— 1,0	Id.
18	+ 1,5	+ 1,8	Id.	+ 1,5	— 2,5	Id.	— 1,2	— 1,5	Id.
19	— 2,2	— 1,8	Id.	»	»	»	— 3,3	— 2,0	Id.
20	— 2,5	— 3,0	Id	0,8	+ 0,8	Légère pluie.	+ 0,8	1,2	Id
21	+ 2,0	+ 1,8	Couvert, pluie.	3,8	4,8	Couvert.	5,7	5,7	Id.
22	2,6	+ 3,3	Couvert et petite pluie.	2,8	3,0	Id.	0,6	+ 0,9	Id.
23	— 1,2	— 1,0	Couvert.	— 0,6	— 0,3	Id.	— 0,8	— 1,0	Id.
24	— 1,8	— 2,2	Clair.	+ 6,5	+ 8,6	Soleil.	+ 1,8	+ 1,9	Clair.
25	+ 4,0	+ 5,5	Soleil.	8,5	9,8	Id.	9,0	9,7	Couvert.
26	10,3	12,0	Éclaircissement, soleil paraît.	13,1	15,7	Id	6,4	8,5	Clair.
27	6,6	7,8	Soleil.	12,3	12,5	Clair.	5,3	6,3	Id.
28	2,8	3,1	Couvert.	7,4	8,4	Id.	+ 3,9	4,5	Brouillard.
29	— 0,5	— 0,5	Id.	6,7	7,2	Id.	— 0,9	— 1,0	Id.
30	+ 0,2	+ 0,6	Id.	3,2	3,8	Couvert.	0,4	+ 0,5	Id.
31	0,5	0,4	Id.	0,9	1,1	Id.	0,4	0,4	Id.
Moy.	— 1,06	— 1,05		+ 1,66	+ 2,09		— 1,03	— 0,80	

Moyenne : à l'amphithéâtre. . . . — 0'14
au marronnier. . . . . . — 0,08

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JANVIER 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	+ 9°4	+ 9°6	5°8	+ 6°0	+ 5°0	+ 4°5
2	+ 1,0	1,2	0,8	— 0,4	— 0,8	— 0,5
3	— 3,0	2,8	0,0	+ 0,5	— 3,2	— 3,8
4	— 3,8	— 3,8	1,8	1,8	+ 1,8	+ 1,3
5	— 2,3	— 2,0	— 4,2	— 1,6	— 6,1	— 5,8
6	— 6,3	— 4,4	— 3,2	— 2,0	— 4,8	— 4,5
7	— 5,0	— 0,8	0,0	— 0,3	— 3,0	— 2,8
8	— 5,3	0,0	— 2,4	— 1°2	— 5,3	— 5,0
9	— 7,2	— 1,0	— 2,4	— 0,2	— 4,9	— 5,4
10	— 5,2	— 1,2	— 3,1	— 2,9	— 3,6	— 3,4
11	— 5,8	— 5,2	— 5,3	— 4,3	— 5,6	— 5,5
12	— 5,4	— 5,2	— 3,0	— 2,6	— 5,8	— 5,2
13	— 7,5	— 7,5	— 5,4	— 5,0	— 5,6	— 7,9
14	— 4,0	— 4,0	— 1,2	— 0,6	— 2,2	— 2,2
15	— 5,4	— 5,0	+ 2,4	— 1,4	— 5,2	— 5,4
16	— 6,4	+ 3,0	— 2,5	— 1,8	— 7,8	— 8,0
17	— 3,6	— 2,6	— 0,2	— 0,6	— 0,8	— 0,7
18	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,0	— 1,6	+ 1,0	0,0
19	— 2,2	— 1,8	»	»	— 3,2	— 3,0
20	— 2,2	— 2,1	0,2	0,4	— 0,4	— 0,4
21	+ 0,4	+ 1,0	3,2	4,8	+ 4,2	+ 4,6
22	3,2	3,2	2,3	2,8	0,4	0,6
23	— 1,0	— 1,0	— 0,2	0,0	— 1,0	— 0,4
24	— 2,0	— 1,2	+ 3,9	6,4	+ 0,2	+ 0,3
25	+ 2,0	+ 3,4	7,0	7,8	7,3	7,5
26	8,2	8,9	11,8	14,0	4,6	5,2
27	5,8	6,4	10,8	13,0	5,2	5,4
28	2,7	3,0	5,3	7,2	3,2	4,0
29	— 0,4	— 0,4	3,2	5,8	— 1,2	— 1,0
30	0,0	0,0	2,2	2,5	+ 0,3	+ 0,3
31	+ 0,8	— 0,4	0,5	— 0,6	0,2	0,2
Moyennes.	— 1,6	— 2,5	+ 0,97	+ 0,9	— 1,50	— 1,2

Moyennes : au Nord. . . . — 0°55
au Midi. . . . — 0,79

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

FÉVRIER 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	— 0°1	+ 1°1	Couvert.	4°1	4°6	Faible soleil.	+ 1,9	+ 2°0	Brouillard.
2	+ 5,3	+ 6,8	Clair.	7,3	8,5	Soleil.	+ 3,0	+ 4,0	Id.
3	— 1,4	— 1,7	Brouillard.	0,1	0,3	Brouillard épais.	— 0,4	— 0,4	Id.
4	— 2,5	— 3,0	Brouillard léger.	0,6	0,5		+ 0,6	— 0,5	Couvert.
5	+ 0,5	+ 0,7	Couvert.	7,8	8,0	Soleil.	2,9	+ 3,0	Clair.
6	6,2	6,1	Soleil.	12,5	12,7	Couvert.	8,0	8,2	Couvert.
7	6,5	7,0	Couvert.	9,8	10,0	Id.	7,5	7,6	Nuageux.
8	3,7	4,0	Soleil.	11,3	11,4	Soleil.	6,3	6,3	Clair.
9	6,7	7,0	Nuageux.	10,2	10,4	Couvert.	8,0	8,1	Demi-clair.
10	4,7	5,8	Couvert.	4,8	4,9	Id.	2,4	2,5	Clair.
11	1,2	1,2	Id.	2,5	2,6	Demi-clair.	— 0,5	— 0,5	Id.
12	1,1	1,1	Soleil.	4,6	4,6	Soleil.	0,0	— 0,0	Id.
13	5,3	5,4	Nuageux.	8,9	10,2	Un peu de soleil.	+ 7,7	+ 7,8	Couvert.
14	4,3	2,3	Id.	10,1	10,4	Id.	8,0	8,1	Id.
15	7,2	7,5	Pluie fine.	9,7	10,5	Couvert.	7,0	7,2	Nuageux.
16	8,9	9,2	Nuageux.	11,5	11,9	Un peu de soleil.	8,5	8,5	Id.
17	8,7	8,8	Soleil.	13,4	13,6	Soleil.	9,2	9,3	Id.
18	8,7	8,9	Un peu de soleil.	13,5	13,5	Un peu de soleil.	6,8	6,9	Clair.
19	6,8	6,8	Couvert.	9,7	10,0	Pluie fine.	8,9	9,0	Couvert.
20	8,3	8,4	Id.	11,2	11,4	Soleil.	7,9	8,0	Clair.
21	9,8	10,0	Pluie fine.	12,4	12,5	Couvert.	10,7	11,2	Pluie.
22	8,9	9,1	Pluie.	12,9	13,0	Pluie.	11,5	11,8	Nuageux.
23	12,7	12,8	Soleil.	12,4	12,8	Couvert.	8,7	8,7	Clair.
24	7,7	7,8	Couvert.	7,0	7,1	Pluie.	6,9	7,0	Couvert.
25	6,4	6,4	Pluie.	12,8	13,0	Soleil.	9,6	10,0	Clair.
26	5,4	5,6	Couvert.	8,3	8,5	Couvert.	7,0	7,0	Couvert.
27	4,4	4,5	Pluie fine.	5,8	5,8	Id.	5,2	5,2	Id.
28	5,3	5,4	Pluie.	12,1	12,1	Soleil.	6,4	6,5	Pluie.
Moy.	+ 5,30	+ 5,5		8,82	9,14		+ 5,9	+ 6,16	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 6°67
au marronnier. 6,93

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

FÉVRIER 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	— 0°2	0°0	+ 3°6	4°9	+ 1°4	+ 2°0
2	+ 4,6	+ 5,0	+ 6,8	7,4	+ 1,8	+ 1,2
3	— 1,6	— 0,5	— 0,2	0,0	— 0,6	— 0,4
4	— 2,3	— 1,6	+ 0,3	0,4	— 0,2	— 0,2
5	+ 0,2	+ 0,4	4,3	6,1	+ 1,6	+ 1,7
6	3,6	6,4	11,4	12,8	7,5	8,0
7	6,4	6,5	9,0	9,6	6,4	6,4
8	2,6	3,8	10,2	11,8	5,0	5,0
9	6,3	7,6	10,0	10,0	7,8	8,0
10	4,3	5,0	4,6	4,8	2,4	2,4
11	1,1	1,9	1,8	3,2	— 1,0	— 1,0
12	— 1,2	3,8	1,9	3,6	— 0,3	— 0,1
13	+ 4,5	5,4	8,9	9,4	+ 7,9	+ 7,2
14	1,6	3,8	9,1	11,0	7,4	7,6
15	6,6	7,0	9,2	10,0	6,6	6,8
16	8,3	9,0	11,2	11,8	7,8	7,9
17	6,7	9,0	12,2	14,0	8,8	9,1
18	8,0	9,4	12,0	13,9	5,6	6,4
19	6,2	7,2	9,6	10,0	8,4	8,5
20	8,0	8,4	11,3	11,8	7,2	7,6
21	9,6	8,9	12,3	12,6	11,0	11,3
22	8,9	9,0	10,6	11,5	10,4	11,2
23	11,0	12,1	12,2	12,5	8,5	8,6
24	7,8	8,2	6,8	7,0	6,8	7,0
25	6,2	6,3	10,6	18,8	9,3	9,4
26	5,6	5,8	8,1	8,6	6,8	6,8
27	4,5	4,6	5,6	5,8	5,0	5,1
28	5,4	5,4	10,3	19,2	6,5	6,7
Moyennes.	4,74	5,69	8,0	9,0	5,9	5,7

Moyennes : au Nord. . . . 6°21
au Midi. . . . 6,79

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMETRES ELECTRIQUES.

MARS 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	7°0	7°1	Soleil.	11°1	11°5	Nuageux.	8°8	8°9	Clair.
2	8,2	8,3	Id.	12,3	12,5	Soleil.	8,7	8,7	Nuageux.
3	11,3	11,5	Pluie.	14,5	15,0	Vent, nuageux.	10,3	10,5	Clair.
4	8,0	8,2	Pluie fine.	10,1	10,4	Soleil.	5,6	5,7	Id.
5	6,2	6,4	Nuageux.	10,1	10,2	Un peu de soleil.	4,7	8,7	Id.
6	9,8	9,9	Couvert.	14,9	15,0	Soleil.	10,8	10,9	Couvert.
7	9,8	9,8	Soleil.	11,0	11,2	Id.	8,1	8,2	Clair.
8	10,3	10,5	Nuageux.	13,6	13,9	Couvert.	12,7	12,8	Couvert.
9	10,9	10,3	Soleil.	14,3	14,5	Soleil.	7,5	7,5	Clair.
10	10,8	10,3	Un peu de soleil.	17,0	17,4	Id.	12,1	12,2	Id.
11	8,8	8,9	Pluie.	9,5	9,6	Nuageux.	5,5	5,6	Pluie.
12	4,5	4,5	Id.	7,6	7,8	Pluie et vent.	6,8	6,8	Id.
13	6,5	6,7	Nuageux.	7,5	7,5	Soleil.	4,3	4,3	Clair.
14	5,0	5,0	Id.	9,0	9,2	Un peu de soleil.	5,4	5,4	Id.
15	6,4	6,5	Couvert.	10,8	11,0	Couvert.	7,6	7,8	Id.
16	7,4	7,5	Nuageux.	11,0	11,2	Un peu de soleil.	8,6	8,7	Couvert.
17	7,8	7,9	Soleil.	10,0	10,2	Nuageux.	6,2	6,2	Pluie.
18	5,9	5,9	Pluie.	8,0	8,0	Couvert.	5,0	5,0	Id.
19	9,3	9,5	Id.	10,3	10,5	Pluie.	7,4	7,4	Nuageux.
20	8,4	8,5	Soleil.	11,2	11,3	Nuageux.	8,7	8,7	Pluie.
21	8,5	8,7	Id.	6,0	6,3	Pluie.	4,0	4,0	Id.
22	7,6	7,8	Pluie.	12,7	12,9	Soleil.	6,3	6,4	Clair.
23	7,7	7,9	Soleil.	15,5	15,9	Id.	9,6	9,8	Id.
24	11,6	11,8	Id.	19,2	19,6	Id.	11,5	11,9	Id.
25	10,8	10,0	Couvert.	13,5	14,0	Nuageux.	12,2	12,4	Id.
26	10,8	10,9	Id.	14,1	14,5	Couvert.	11,5	11,6	Pluie fine.
27	11,3	11,6	Soleil.	18,0	18,6	Soleil.	11,4	11,7	Clair.
28	10,9	11,0	Couvert.	16,7	17,0	Un peu de soleil.	10,3	10,4	Couvert.
29	8,4	8,5	Pluie.	13,4	13,7	Nuageux.	7,9	8,0	Clair.
30	10,1	10,3	Soleil.	14,5	14,6	Id.	10,5	10,5	Id.
31	9,1	9,3	Couvert.	11,2	11,4	Id.	8,4	8,5	Id.
Moy.	8,68	8,76		12,21	12,46		8,40	8,54	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 9°76
au marronnier. . 9,92

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

MARS 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	6°4	8°3	10°7	11°2	7°6	7°8
2	7,4	11,6	10,8	15,7	8,2	8,4
3	10,8	10,0	14,2	17,4	9,6	10,0
4	7,8	8,4	9,2	18,1	5,2	5,2
5	5,6	10,3	9,2	10,6	8,2	8,6
6	9,6	9,8	13,0	19,2	10,2	10,4
7	8,8	16,0	9,7	16,6	7,9	8,2
8	9,6	16,2	13,1	13,7	12,2	12,4
9	8,8	15,4	12,2	21,6	7,2	7,2
10	10,0	18,2	16,7	25,8	11,6	12,0
11	8,6	9,2	7,8	9,9	4,8	5,1
12	4,4	5,6	7,4	9,6	6,3	6,4
13	6,4	10,0	6,5	14,2	4,2	4,2
14	4,8	6,3	7,8	10,8	5,1	6,0
15	6,1	6,8	10,3	10,9	6,8	7,2
16	7,3	8,2	10,5	12,0	8,1	8,2
17	6,4	16,2	9,8	11,0	6,0	6,1
18	5,2	13,0	7,9	8,2	4,9	5,0
19	9,1	9,8	9,9	17,4	6,8	7,0
20	7,8	14,5	10,6	12,2	8,4	8,4
21	8,4	9,6	6,2	6,9	3,9	4,0
22	7,6	9,8	10,5	17,4	6,7	5,2
23	6,2	10,2	13,8	24,3	9,1	9,6
24	9,5	17,0	17,6	29,4	10,2	11,4
25	10,2	10,6	13,1	14,2	10,8	11,5
26	10,5	11,2	13,8	14,0	11,0	11,2
27	10,4	15,8	16,5	20,8	10,4	11,0
28	11,0	12,1	16,4	18,9	10,2	10,4
29	8,1	9,0	11,7	21,0	6,5	7,0
30	9,2	18,2	14,0	21,8	9,8	10,0
31	9,0	9,8	11,0	11,4	8,4	8,6
Moyennes.	8,09	11,88	11,45	15,36	7,94	8,8

Moyennes : au Nord. . . . 9°16
au Midi. . . . 11,78

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AVRIL 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	7°6	7°7	Nuageux.	14°5	15°0	Soleil.	8°2	8°3	Clair.
2	9,3	9,5	id.	12,5	12,9	Pluie	9,2	9,4	Couvert.
3	9,8	10,0	Soleil.	11,3	11,9	Petite pluie, puis soleil.	9,5	9,8	Id.
4	8,6	8,7	Couvert.	15,0	15,5	Nuageux.	11,0	11,3	Un peu clair.
5	10,7	10,8	Nuageux.	14,0	14,6	id.	11,5	11,9	Couvert.
6	9,5	9,6	id.	16,2	17,0	Soleil.	11,3	11,5	Un peu clair.
7	10,6	10,8	Soleil.	16,1	16,5	Soleil.	10,5	10,6	Clair.
8	11,6	11,8	id.	[illegible]	14,0	id.	7,4	7,5	Id.
9	8,1	8,0	id.	9,4	9,5	id.	5,7	5,7	Id.
10	7,7	7,6	id.	13,9	14,2	id.	8,5	8,6	Id.
11	10,6	10,8	id.	16,3	17,0	id.	10,8	10,9	Id.
12	9,8	10,0	Nuageux.	15,1	15,3	Couvert.	9,3	9,3	Couvert.
13	8,3	8,4	id.	16,8	17,3	Soleil.	9,5	9,7	Clair.
14	9,0	9,2	Couvert.	14,9	16,5	Soleil.	9,5	9,5	Id.
15	10,8	11,1	Soleil.	16,0	22,4	id.	9,0	9,3	Id.
16	14,7	15,6	Soleil.	21,2	28,9	Soleil.	15,4	16,0	Id.
17	19,8	21,0	id.	26,4	22,5	id.	16,5	17,2	Id.
18	17,1	19,2	id.	20,4	19,8	id.	13,0	13,3	Id.
19	13,2	13,9	id.	18,9	16,3	id.	9,8	10,0	Id.
20	9,5	9,7	id.	15,5	18,6	Soleil.	8,9	9,0	Id.
21	11,1	11,5	id.	17,9	10,7	Soleil.	9,0	9,2	Id.
22	8,9	8,9	Nuageux.	10,6	15,2	Couvert.	8,5	8,5	Nuageux.
23	10,6	10,6	Soleil.	14,4	13,7	Nuageux.	8,6	8,7	Clair.
24	10,3	10,2	Nuageux.	13,6	20,4	Couvert.	9,7	9,7	d.
25	14,5	15,1	Soleil.	19,5	21,4	Soleil.	12,8	13,0	Couvert.
26	13,6	13,6	Nuageux.	20,2	20,0	id.	13,4	13,7	Clair.
27	12,0	13,6	id.	18,7	11,7	Couvert.	7,4	7,6	Grande pluie.
28	9,5	9,5	Soleil.	11,5	12,1	Soleil.	7,4	7,5	Clair.
29	11,1	11,3	id.	11,8	15,8	Soleil.	7,2	7,3	Id.
30	9,7	9,8	.d.	15,2		Soleil.	8,7	8,7	Id.
Moy.	10,92	11,24		15,71	16,40		9,91	10,09	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 12°18
au marronnier. 12,58

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

AVRIL 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	7°6	9°2	13°6	21°4	8°3	8°4
2	7,9	9,8	12,4	13,8	8,8	9,0
3	9,7	12,5	11,9	13,0	9,6	9,8
4	9,0	0,4	14,2	15,6	10,6	11,2
5	9,6	10,8	13,0	15,5	11,7	11,8
6	9,1	10,0	14,4	22,8	11,2	11,2
7	9,0	18,4	13,7	24,2	10,2	9,8
8	9,6	21,0	12,8	23,0	7,8	8,0
9	7,1	12,6	8,6	11,2	5,4	6,0
10	6,4	16,6	11,8	22,8	8,0	7,8
11	9,1	20,0	15,3	24,6	10,6	10,4
12	9,8	14,6	14,1	15,5	9,0	9,0
13	8,4	10,2	15,6	24,8	9,4	9,6
14	8,9	10,2	13,4	24,5	9,1	9,2
15	9,6	14,8	14,2	25,0	8,8	9,0
16	12,3	22,4	19,5	29,2	14,6	15,2
17	15,5	24,2	22,3	34,3	15,8	15,0
18	14,2	23,4	18,9	29,6	12,2	12,2
19	11,8	21,6	17,5	27,4	9,8	9,8
20	8,2	18,9	13,7	22,8	9,0	8,9
21	9,1	21,4	15,6	27,8	9,2	9,2
22	8,6	10,4	10,4	11,2	8,4	8,4
23	8,5	19,8	13,0	17,0	8,6	8,6
24	9,1	15,0	12,5	14,2	9,4	9,4
25	12,5	20,5	18,0	26,4	12,8	13,0
26	13,7	17,4	18,6	28,0	13,4	13,4
27	11,5	21,2	16,8	20,2	7,8	7,8
28	8,4	16,8	10,4	12,8	7,4	7,4
29	10,2	18,9	11,2	16,1	7,2	7,0
30	8,2	20,0	12,2	23,2	8,7	9,2
Moyennes.	9,75	16,4	14,1	21,2	9,76	9,76

Moyennes : au Nord. . . . 11°20
au Midi. 15,78

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AVRIL 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
11	3°6	3°6	3°5	3°4	Soleil.
12	4,6	4,7	4,6	4,4	Id.
13	5,4	5,6	6,0	6,0	Pluie fine.
14	8,0	8,1	8,1	8,2	Couvert.
15	6,8	6,8	6,8	6,2	Clair.
16	7,5	7,5	7,4	7,0	Id.
17	10,0	10,1	7,6	9,0	Id.
18	9,7	9,7	7,6	8,2	Id.
19	6,2	6,2	5,7	6,0	Id.
20	4,2	4,0	4,0	4,1	Id.
21	3,8	3,8	3,3	3,2	Id.
22	5,4	4,2	5,6	5,6	Couvert
23	4,2	4,6	4,1	4,0	Clair.
24	4,8	5,3	5,0	5,2	Id.
25	6,3	6,3	5,9	6,2	Id.
26	9,2	9,2	9,5	9,8	Couvert.
27	8,3	8,3	8,5	9,0	Nuageux.
28	5,8	5,8	5,6	6,0	Couvert.
29	6,0	6,0	6,2	6,2	Clair.
30	4,2	4,0	3,8	4,0	Id.
Moyennes.	6,17	6,17	5,96	6,08	

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MAI 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉÂTRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉÂTRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉÂTRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	14°7	14°7	Soleil.	19°2	19°5	Nuageux.	12°4	12°5	Couvert.
2	14,5	14,8	Nuageux.	15,7	16,3	Couvert.	11,8	12,0	Id.
3	11,2	11,2	Couvert.	15,4	15,9	Id.	11,6	11,8	Pluie.
4	7,9	7,8	Id.	7,8	7,8	Pluie.	5,7	5,7	Couvert.
5	4,7	4,7	Id.	4,8	4,4	Nuageux.	5,8	5,8	Nuageux.
6	8,4	8,6	Soleil.	9,2	9,5	Couvert.	7,5	7,8	Couvert.
7	10,5	10,7	Nuageux.	11,0	11,7	Id.	8,7	9,1	Id.
8	9,0	10,1	Couvert.	14,7	15,7	Soleil.	8,8	9,0	Clair.
9	16,1	20,2	Soleil.	20,3	22,4	Nuageux.	13,0	13,4	Pluie.
10	13,2	13,7	Pluie.	20,0	21,3	Couvert.	14,7	15,5	Couvert.
11	21,8	22,4	Nuageux.	23,1	24,8	Id.	13,0	13,6	Nuageux.
12	18,0	19,7	Id.	17,4	18,9	Id.	14,5	14,8	Couvert.
13	11,0	11,4	Pluie fine.	12,7	23,0	Pluie.	10,8	11,0	Id.
14	7,7	7,7	Couvert.	13,9	14,6	Nuageux.	10,3	10,5	Clair.
15	14,8	15,4	Soleil.	20,3	21,3	Soleil.	13,0	13,5	Id.
16	17,5	18,6	Id.	22,1	23,5	Nuageux.	17,4	17,5	Id.
17	15,8	16,0	Couvert.	17,8	18,2	Couvert.	9,7	9,8	Id.
18	10,9	11,0	Nuageux.	13,6	13,6	Soleil.	9,2	9,3	Id.
19	11,0	11,2	Id.	16,9	17,2	Id.	10,4	10,5	Id.
20	14,8	15,5	Soleil.	20,7	21,9	Id.	14,8	15,2	Id.
21	17,1	17,8	Nuageux.	22,7	24,0	Couvert.	16,2	16,8	Id.
22	21,9	23,1	Soleil.	22,2	24,1	Couvert.	16,5	17,1	Nuageux.
23	21,4	22,8	Couvert.	24,1	25,3	Nuageux.	17,2	17,5	Clair.
24	16,6	16,6	Id.	21,0	21,6	Id.	15,0	15,3	Id.
25	20,7	22,0	Soleil.	24,8	25,6	Soleil.	18,0	18,4	Id.
26	25,2	25,7	Id.	26,6	28,8	Id.	20,7	21,3	Id.
27	21,0	21,4	Nuageux.	30,7	32,8	Id.	21,0	22,9	Couvert.
28	25,4	27,0	Couvert.	29,5	32,9	Nuageux.	18,7	19,0	Clair.
29	19,4	20,5	Couvert.	21,4	23,1	Couvert.	16,8	17,1	Couvert.
30	13,8	13,8	Id.	18,7	18,8	Id.	17,5	17,6	Clair.
31	22,8	22,7	Soleil.	23,5	25,2	Soleil.	17,4	17,8	Id.
Moy.	15,44	16,0		18,73	20,0		13,56	13,88	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 15,91
au marronnier. 16,52

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

MAI 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	12,4	20,6	15,9	22,0	12,4	12,4
2	12,8	20,6	15,6	17,0	11,8	11,8
3	11,0	11,8	14,7	16,3	11,6	11,6
4	8,1	10,2	5,9	8,0	5,8	5,8
5	5,2	6,7	2,9	6,0	5,8	5,8
6	7,8	16,4	9,4	11,2	8,0	8,1
7	10,4	15,2	10,8	12,0	8,9	9,0
8	8,6	11,4	12,3	21,2	8,4	8,3
9	13,0	22,3	18,1	21,5	12,2	13,3
10	12,6	13,4	19,4	20,6	14,0	14,2
11	18,6	22,8	22,3	27,5	13,6	13 5
12	16,6	18,9	17,5	18,6	14,7	15,0
13	12,5	13,0	12,5	13,0	10,8	11,0
14	8,0	9,8	13,0	21,6	10,0	10,2
15	13,0	21,4	18,7	27,4	12,6	12,8
16	14,9	23,7	21,8	29,8	17,0	17,0
17	15,5	16,4	17,2	18,4	9,8	9,8
18	10,8	21,0	12,2	16,0	8,8	8,9
19	10,3	15,4	14,6	25,8	10,0	10,0
20	13,0	23,4	18,5	30,8	14,0	14,1
21	15,2	20,7	22,0	23,8	15,4	16,6
22	19,8	27,8	22,1	24,2	16,8	17,2
23	18,3	24,2	22,5	29,8	16,4	16,8
24	16,9	17,6	20,3	30,2	15,0	14,7
25	18,5	26,4	22,8	32,4	17,6	18,3
26	18,4	27,8	25,8	36,4	18,6	18,9
27	19,2	22,7	27,6	38,2	21,2	21,4
28	21,0	25,1	27,4	32,6	18,9	18,9
29	19,5	22,0	21,4	22,9	17,6	17,6
30	14,7	15,0	19,0	20,6	17,4	17,0
31	19,6	25,8	21,9	31,8	17,8	17,4
Moyennes.	14,07	19,03	18,37	23,63	13,3	14,89

Moyennes : au Nord. 15,25
au Midi. 19,18

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MAI 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	7°3	7°3	5°6	5°8	Clair.
2	8,8	8,9	8,9	9,2	Couvert.
3	5,5	8,7	8,8	9,3	Id.
4	8,1	5,3	5,8	6,4	Petite pluie.
5	3,5	3,5	3,8	4,0	Couvert.
6	4,0	4,0	3,8	3,6	Clair.
7	5,8	5,8	6,0	6,2	Couvert.
8	4,7	4,1	4,9	6,3	Id.
9	8,0	8,0	6,4	6,2	Clair.
10	11,0	11,4	11,4	11,3	Pluie.
11	12,5	12,8	12,8	13,0	Couvert.
12	13,6	13,8	13,2	14,0	Clair.
13	10,0	11,2	11,3	11,4	Couvert.
14	7,5	7,5	7,6	7,8	Id.
15	8,8	8,9	8,6	8,8	Clair.
16	10,5	10,5	10,0	10,2	Id.
17	14,0	14,0	13,8	14,1	Couvert.
18	6,9	6,8	6,8	7,2	Clair.
19	5,4	5,4	5,4	5,6	Id.
20	7,3	7,3	7,0	7,2	Id.
21	12,0	11,7	12,0	12,4	Nuageux.
22	14,8	15,0	15,0	15,4	Clair.
23	15,2	16,0	14,9	15,1	Nuageux.
24	16,3	16,5	16,3	16,7	Clair.
25	12,4	12,7	12,0	11,8	Id.
26	13,2	13,7	13,0	13,4	Id.
27	14,5	14,5	14,8	15,0	Id.
28	15,5	15,1	15,2	16,8	Pluie fine.
29	17,5	17,5	17,6	18,2	Clair.
30	13,0	13,0	13,8	14,1	Couvert.
31	13,5	13,9	13,9	13,8	Clair.
Moyennes.	10,47	10,54	10,40	10,65	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 10°47
au marronnier. 10,54
au Nord. 10,40
au Midi. 10,65

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUIN 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	15°7	15°8	Pluie.	14°2	14°3	Pluie.	13°2	13°2	
2	14,1	14,1	Couvert.	18,2	18,1	Nuageux.	12,2	12,2	
3	16,2	18,0	Pluie.	12,6	12,8	Pluie.	11,8	12,0	
4	15,0	15,2	Nuageux.	21,8	23,7	Nuageux.	14,6	14,7	
5	18,0	18,4	Id.	21,7	23,5	Id.	12,2	12,4	
6	17,8	19,1	Id.	17,8	17,8	Id.	13,0	13,2	
7	18,8	18,7	Couvert.	22,7	25,3	Id.	15,8	15,8	
8	12,8	12,8	Id.	22,8	24,2	Id.	15,3	15,3	
9	17,8	18,5	Id.	16,5	17,2	Pluie.	14,4	14,4	
10	16,8	17,5	Id.	19,4	20,8	Couvert.	12,3	12,3	
11	16,3	16,8	Id.	21,8	22,7	Id.	17,0	17,2	
12	23,8	25,7	Soleil.	24,5	26,4	Nuageux.	17,3	17,3	
13	25,4	28,3	Id.	27,6	29,8	Soleil.	22,8	25,0	
14	27,8	30,5	Id.	30,2	33,5	Id.	24,7	25,4	
15	27,6	30,4	Id.	28,4	30,7	Couvert.	24,6	25,5	
16	26,9	28,2	Nuageux.	29,7	34,5	Soleil.	20,8	21,2	
17	22,7	23,0	Soleil.	28,9	31,6	Id.	22,1	22,5	
18	25,8	27,9	Id.	30,8	33,5	Id.	24,6	24,9	
19	27,5	28,2	Id.	30,9	32,8	Id.	23,8	24,2	
20	26,5	28,0	Id.	31,5	32,9	Id.	26,0	26,5	
21	26,8	28,1	Couvert.	29,6	30,3	Id.	23,6	23,8	
22	29,7	30,5	Nuageux.	23,8	24,1	Couvert.	19,8	19,8	
23	25,2	26,8	Id.	23,6	23,0	Id.	17,2	17,4	
24	19,0	19,0	Id.	21,5	21,5	Id.	18,9	19,0	
25	21,0	21,2	Soleil.	23,6	24,8	Id.	18,0	18,0	
26	20,6	20,5	Nuageux.	22,5	22,7	Id.	15,3	14,9	
27	17,2	17,2	Couvert.	26,4	27,8	Soleil.	17,8	17,8	
28	20,5	19,7	Soleil.	24,5	24,9	Nuageux.	18,6	18,6	
29	16,6	16,4	Couvert.	22,6	23,0	Id.	16,7	16,7	
30	16,7	16,3	Nuageux.	19,3	19,3	Id.	14,2	13,9	
Moy.	20,85	21,93		23,63	24,93		17,96	18,17	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 20°80
au marronnier. 21,68

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JUIN 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	16°9	18°2	15°2	15°8	13°5	13°6
2	14,2	16,3	17,5	26,2	12,6	13,0
3	14,6	16,2	11,7	15,6	11,4	11,8
4	14,7	19,8	19,6	25,0	14,8	15,0
5	16,0	22,5	19,8	25,2	12,3	13,0
6	16,4	25,6	17,6	19,2	13,2	13,4
7	16,2	18,3	20,8	27,1	15,4	15,2
8	13,0	14,4	20,5	26,4	14,8	15,0
9	16,8	18,9	16,0	15,2	14,6	15,0
10	16,6	18,0	19,6	21,5	12,8	13,4
11	16,8	21,4	19,7	21,8	16,6	16,6
12	20,6	27,5	22,5	26,9	16,7	16,9
13	21,4	29,1	26,4	30,5	23,0	22,1
14	24,8	33,4	29,0	39,6	23,8	23,4
15	24,2	32,6	27,8	29,8	23,0	23,6
16	23,6	27,1	27,2	38,4	21,2	21,0
17	21,4	29,5	27,8	37,9	22,4	22,1
18	24,5	33,5	29,6	40,2	24,6	24,9
19	24,8	33,8	28,5	38,3	23,6	24,5
20	23,6	32,4	30,0	39,5	25,4	25,6
21	25,0	30,2	29,4	35,0	23,2	23,8
22	25,3	32,6	23,8	25,2	19,2	19,6
23	23,4	20,2	21,8	24,6	16,5	16,8
24	19,2	21,4	21,8	24,3	17,8	18,2
25	20,3	24,8	23,6	29,4	18,4	18,6
26	18,9	22,1	22,5	24,7	15,6	15,8
27	16,8	20,0	22,4	32,6	17,8	18,0
28	18,6	26,2	22,9	25,7	18,2	18,2
29	16,4	16,9	21,8	31,2	16,8	16,9
30	17,0	24,3	18,4	26,1	14,0	14,2
Moyennes.	19,40	24,54	22,52	27,96	17,8	17,97

Moyennes : au Nord. . . . 19°91
au Midi. . . . 23,49

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUIN 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	13°8	14°0	13°8	14°2	Couvert.
2	12,6	12,8	12,8	13,1	Nuageux.
3	12,2	12,2	12,0	13,4	Couvert.
4	12,0	12,0	12,0	12,4	Id.
5	11,6	11,5	11,8	12,3	Nuageux.
6	12,1	12,0	12,2	13,4	Couvert.
7	13,8	13,8	13,9	14,5	Clair.
8	11,7	11,7	11,8	12,3	Couvert.
9	13,8	13,7	13,8	14,2	Id.
10	12,7	12,9	13,4	13,1	Clair.
11	13,0	12,8	13,6	13,0	Id.
12	16,2	16,5	15,4	15,3	Id.
13	17,0	17,0	16,7	16,7	Id.
14	21,7	22,3	19,8	19,8	Id.
15	20,0	20,4	19,6	19,9	Nuageux.
16	19,8	20,0	19,4	19,6	Id.
17	18,9	19,0	18,6	18,8	Clair.
18	20,8	21,2	20,3	20,7	Id.
19	20,5	20,5	20,8	21,4	Nuageux.
20	21,2	21,6	20,9	21,5	Id.
21	20,3	20,5	20,4	21,0	Id.
22	20,8	21,0	19,8	20,6	Couvert.
23	19,6	19,6	18,9	19,4	Id.
24	15,4	15,4	15,6	16,0	Nuageux.
25	18,0	18,3	17,7	17,4	Clair.
26	15,0	15,2	14,6	15,0	Pluie.
27	14,9	14,7	15,5	15,9	Id.
28	16,1	15,5	15,6	16,0	Nuageux.
29	14,0	13,8	14,0	14,2	Pluie.
30	13,4	13,1	13,8	14,0	Couvert.
Moyennes.	16,09	16,17	16,00	16,31	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 16°09
au marronnier. 16,17
au Nord 16,00
au Midi. 16,31

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUILLET 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	21,2	20°9	Soleil.	22°8	22°8	Nuageux.	17°7	17°8	Nuageux.
2	17,8	17,4	Nuageux.	17,2	17,3	Pluie.	15,3	15,3	Id.
3	19,7	19,2	Id.	21,7	22,0	Soleil.	16,5	16,5	Clair.
4	23,5	23,7	Id.	24,5	24,5	Couvert.	16,4	16,4	Nuageux.
5	19,7	20,0	Id.	22,9	23,2	Id.	14,8	14,8	Pluie.
6	21,5	21,5	Un peu de soleil.	21,8	22,6	Nuageux.	16,8	17,0	Couvert.
7	15,5	15,8	Pluie.	22,0	22,0	Id.	16,7	16,8	Clair.
8	15,7	15,6	Id.	21,1	21,0	Couvert.	16,1	16,1	Pluie.
9	17,8	17,8	Couvert.	21,2	21,3	Nuageux.	16,6	16,7	Clair.
10	16,7	16,7	Id.	21,3	21,5	Couvert.	16,7	16,7	Couvert.
11	21,2	21,2	Nuageux.	24,9	25,3	Nuageux.	18,5	18,5	Id.
12	25,4	27,3	Soleil.	28,4	29,5	Id.	18,3	18,3	Id.
13	19,0	20,2	Couvert.	22,3	22,4	Id.	15,4	15,4	Pluie.
14	18,7	18,9	Id.	21,9	22,2	Pluie.	17,6	17,6	Nuageux.
15	18,5	18,7	Id.	23,5	23,8	Couvert.	17,6	17,6	Id.
16	18,4	18,6	Id.	23,2	23,4	Soleil.	16,0	16,0	Pluie.
17	17,8	18,0	Pluie.	24,8	25,7	Nuageux.	18,9	18,9	Couvert.
18	22,6	22,7	Nuageux.	24,4	24,5	Id.	18,4	18,4	Nuageux.
19	18,5	18,7	Couvert.	25,8	26,4	Soleil.	17,8	17,8	Id.
20	21,2	22,8	Soleil.	25,4	25,7	Id.	20,3	20,3	Couvert.
21	21,4	22,9	Couvert.	26,6	27,0	Pluie.	19,2	19,2	Nuageux.
22	19,3	19,5	Id.	26,4	28,5	Soleil.	20,5	20,7	Clair.
23	16,3	16,4	Pluie.	25,2	25,4	Id.	19,2	19,5	Couvert.
24	20,2	20,5	Nuageux.	22,4	22,4	Couvert.	19,5	19,5	Id.
25	24,3	24,9	Id.	29,8	31,5	Soleil.	22,6	23,4	Id.
26	20,0	20,4	Id.	23,0	23,4	Couvert.	17,3	17,5	Nuageux.
27	19,5	19,0	Id.	19,3	19,3	Pluie.	13,4	13,0	Pluie.
28	15,7	15,1	Pluie.	22,4	22,5	Nuageux.	16,8	16,8	Nuageux.
29	24,6	25,8	Soleil.	28,7	30,6	Soleil.	18,5	18,5	Clair.
30	20,0	19,9	Couvert.	27,3	28,0	Id.	18,0	18,1	Id.
31	21,8	21,6	Nuageux.	24,0	24,3	Nuageux.	18,3	18,3	Id.
Moy.	19,8	20,00		23,80	24,2		17,6	17,64	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . 20°4

au marronnier. . . . 20,61

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JUILLET 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	18°0	27°2	21°6	24°8	17°5	17°6
2	18,8	24,2	17,4	17,6	15,0	15,1
3	18,0	26,4	21,2	27,9	16,4	16,0
4	19,8	24,9	23,6	27,8	16,5	16,5
5	19,1	21,4	21,8	27,6	15,2	15,4
6	20,6	25,2	21,4	25,2	16,8	17,0
7	16,0	15,6	21,0	24,5	15,9	15,8
8	15,6	15,8	20,3	22,4	16,2	16,2
9	17,6	20,2	19,8	23,2	16,3	16,3
10	17,0	18,6	20,1	20,8	16,8	16,8
11	18,2	27,4	22,6	26,2	17,8	18,0
12	22,3	30,4	26,9	29,8	18,4	18,6
13	19,5	21,8	21,8	25,4	15,6	15,6
14	18,6	20,7	21,0	22,7	17,4	17,4
15	18,0	19,6	22,1	28,9	17,5	17,5
16	18,4	19,5	22,5	30,6	16,4	16,4
17	17,8	18,2	22,7	30,4	18,9	18,9
18	19,8	23,2	22,8	25,7	17,6	17,6
19	18,4	20,6	23,2	31,3	16,4	16,4
20	19,7	27,2	23,6	32,4	19,8	20,2
21	21,6	22,4	24,3	25,0	18,0	18,3
22	19,0	20,7	24,5	33,1	20,0	20,2
23	16,6	16,6	22,7	25,2	18,7	19,0
24	19,2	21,4	21,5	22,4	19,1	19,1
25	21,5	27,6	27,2	25,3	21,0	21,8
26	20,2	20,7	22,6	25,7	17,3	17,0
27	13,3	25,1	19,2	20,1	13,6	13,8
28	14,4	18,0	20,7	27,2	15,4	15,6
29	19,9	28,1	24,3	34,2	17,5	17,5
30	20,0	21,5	23,5	33,4	17,6	17,8
31	19,4	25,1	22,6	24,7	17,0	17,6
Moyennes.	15,8	22,4	22,2	27,0	17,2	17,3

Moyennes : au Nord. . . . . 18°40
au Midi. 22,20

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUILLET 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	13°4	12°8	13°4	13°6	Couvert.
2	13,3	13,0	14,0	13,8	Nuageux.
3	14,0	13,7	13,7	13,5	Clair.
4	14,5	14,5	13,8	13,7	Nuageux.
5	15,4	15,4	15,2	15,0	Id.
6	14,8	14,8	14,7	14,7	Clair.
7	15,0	15,0	15,1	15,3	Pluie.
8	13,6	13,4	13,6	14,2	Id.
9	13,8	13,8	14,0	14,4	Couvert.
10	13,7	13,7	14,0	13,9	Clair.
11	15,8	16,0	16,3	16,7	Nuageux.
12	16,4	16,4	16,6	16,6	Id.
13	16,8	16,8	16,7	17,0	Couvert.
14	16,2	16,2	15,6	15,8	Nuageux.
15	17,5	17,5	15,8	16,0	Id.
16	15,9	15,8	15,9	16,2	Couvert.
17	16,0	16,0	16,3	16,5	Id.
18	16,5	16,5	16,6	17,0	Id.
19	15,0	14,2	14,5	14,8	Id.
20	15,4	15,0	14,4	14,6	Clair.
21	18,9	18,9	18,6	19,0	Nuageux.
22	16,5	16,5	16,6	16,7	Couvert.
23	18,4	18,7	18,2	18,6	Id.
24	16,0	15,8	15,8	16,4	Id.
25	18,5	18,5	17,9	18,2	Nuageux.
26	19,0	19,2	18,6	19,0	Pluie.
27	13,6	13,6	13,8	14,2	Nuageux.
28	13,2	13,0	13,0	13,3	Pluie.
29	14,7	14,7	14,2	14,0	Clair.
30	17,4	17,4	16,8	16,8	Nuageux.
31	15,2	14,8	15,0	14,6	Clair.
Moyennes.	15,6	15,8	15,4	15,6	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 15°6
au marronnier. 15,8
au Nord 15,4
au Midi. 15,6

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AOUT 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	26°4	27,8	Soleil.	29°4	30°7	Soleil.	20°9	20°9	Clair.
2	27,5	29,2	Id.	31,5	32,9	Id.	19,2	19,2	Couvert.
3	19,0	19,0	Nuageux.	24,7	24,7	Nuageux.	17,0	17,0	Clair.
4	22,5	23,6	Soleil.	28,9	30,0	Soleil.	19,7	19,7	Id.
5	26,2	27,8	Id.	33,2	34,5	Id.	23,0	23,0	Id.
6	22,3	22,1	Id.	28,6	28,4	Id.	21,2	21,2	Id.
7	24,6	25,7	Id.	31,5	33,8	Id.	20,7	20,7	Couvert.
8	21,2	21,4	Nuageux.	24,7	24,7	Couvert.	21,8	21,8	Id.
9	22,8	22,8	Id.	28,7	28,9	Nuageux.	22,9	23,0	Nuageux.
10	21,3	21,3	Couvert.	26,8	26,7	Soleil.	21,6	21,8	Clair.
11	25,9	27,2	Soleil.	34,2	36,0	Id.	23,2	23,5	Id.
12	30,5	32,8	Id.	37,8	40,0	Id.	25,6	26,2	Id.
13	24,1	24,1	Nuageux.	28,6	30,1	Nuageux.	22,3	22,3	Couvert.
14	27,3	29,6	Soleil.	32,5	34,3	Soleil.	23,5	29,8	Nuageux.
15	27,9	28,3	Id.	35,2	37,4	Id.	24,8	25,2	Clair.
16	29,8	31,5	Nuageux.	31,5	32,8	Nuageux.	19,7	19,7	Id.
17	20,2	19,8	Soleil.	24,3	24,7	Soleil.	18,6	18,6	Id.
18	23,5	25,3	Id.	29,5	31,2	Id.	19,3	19,3	Id.
19	20,8	20,5	Couvert.	23,7	23,7	Nuageux.	18,7	18,7	Id.
20	18,5	18,5	Nuageux.	21,0	21,3	Couvert.	17,0	16,1	Id.
21	18,7	19,5	Soleil.	22,1	22,4	Nuageux.	16,8	16,8	Id.
22	20,3	19,8	Id.	25,7	25,7	Soleil.	17,7	17,6	Id.
23	21,8	23,2	Nuageux.	27,5	28,3	Couvert.	19,6	19,8	Nuageux.
24	16,7	16,7	Couvert.	19,2	19,3	Nuageux.	14,7	14,7	Clair.
25	17,8	17,0	Nuageux.	20,4	20,1	Id.	15,0	15,4	Id.
26	16,7	16,0	Couvert.	23,5	23,7	Id.	18,2	18,6	Nuageux.
27	21,5	22,4	Nuageux.	27,6	27,2	Soleil.	18,7	18,7	Clair.
28	23,4	24,2	Soleil.	31,4	33,1	Id.	20,8	20,8	Id.
29	19,5	19,8	Id.	25,9	26,5	Id.	20,2	20,2	Id.
30	19,8	19,7	Nuageux.	24,2	25,3	Id.	17,8	18,0	Id.
31	19,9	19,6	Id.	27,4	28,5	Id.	18,9	18,8	Id.
Moy.	22,52	23,1		26,50	27,31		19,96	20,23	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 22,99
au marronnier. . . . . 23°55

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

AOUT 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	21°2	30°8	25°6	35°8	19°2	19°4
2	22,8	31,5	28,7	37,4	18,8	18,9
3	19,8	27,4	23,4	31,6	16,5	16,4
4	20,2	27,9	25,7	36,8	19,2	22,8
5	23,1	31,4	30,5	40,0	22,9	22,6
6	20,4	30,0	25,2	35,6	21,0	20,2
7	21,5	32,3	28,7	40,4	19,8	20,2
8	20,7	24,8	24,2	24,6	21,5	21,8
9	22,9	26,0	27,4	29,1	22,3	22,3
10	20,8	22,0	24,5	34,6	19,8	20,0
11	23,4	33,5	29,8	39,9	22,8	24,0
12	26,4	36,2	33,6	43,8	24,9	25,0
13	23,8	30,3	27,9	38,4	21,6	21,8
14	22,9	33,4	28,7	39,5	22,4	22,8
15	25,8	35,4	31,6	40,4	23,6	24,3
16	27,6	36,3	29,8	39,2	19,4	19,6
17	18,5	29,2	22,7	34,6	16,6	17,0
18	21,4	32,6	26,0	38,2	18,7	19,2
19	20,6	25,2	23,1	29,4	18,6	18,4
20	18,7	29,0	21,2	24,7	16,2	15,9
21	17,2	27,6	21,0	24,3	16,5	15,8
22	17,4	28,2	22,9	33,7	16,4	16,8
23	21,2	24,6	25,7	33,2	19,6	19,6
24	17,3	18,7	19,5	27,8	14,8	14,8
25	16,6	23,2	19,4	25,6	14,7	14,7
26	16,5	17,0	21,7	29,4	18,2	18,4
27	18,7	25,8	23,9	34,8	18,6	18,9
28	20,0	29,7	27,6	38,4	18,2	18,6
29	19,6	21,2	25,4	32,7	18,3	18,7
30	20,0	26,4	23,6	31,9	17,8	17,8
31	16,5	26,0	23,8	37,5	18,6	18,2
Moyennes.	20,73	28,17	25,75	33,3	19,34	19,5

Moyennes : au Nord. . . . . 21°94
au Midi. 26,99

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AOUT 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	14°8	14°8	14°6	14°4	Clair.
2	18,8	18,9	17,4	17,0	Nuageux.
3	14,9	14,7	15,2	15,2	Id.
4	15,8	15,8	15,9	15,4	Clair.
5	19,4	19,4	17,6	17,0	Id.
6	18,9	18,9	18,5	18,0	Id.
7	16,7	16,4	16,4	15,8	Id.
8	19,4	19,4	19,0	19,0	Couvert.
9	20,0	20,0	19,7	19,7	Id.
10	19,0	18,9	19,4	19,2	Id.
11	19,5	19,5	19,3	19,3	Clair.
12	19,4	19,4	18,9	18,7	Id.
13	19,3	18,7	19,3	19,0	Id.
14	17,8	17,4	17,6	17,8	Nuageux.
15	19,4	19,4	18,4	18,2	Clair.
16	21,5	21,5	20,7	20,7	Nuageux.
17	15,8	15,1	15,6	15,6	Couvert.
18	14,7	14,3	13,7	13,7	Clair.
19	18,1	17,8	17,0	16,5	Id.
20	13,6	13,0	13,8	13,8	Id.
21	12,4	11,7	11,9	11,9	Id.
22	13,7	12,8	12,2	12,0	Id.
23	14,2	13,4	13,0	13,4	Id.
24	14,8	14,3	14,8	14,5	Nuageux.
25	12,4	12,2	12,4	12,6	Clair.
26	12,8	12,8	13,2	13,4	Couvert.
27	12,2	11,9	12,3	12,3	Nuageux.
28	14,0	14,2	13,2	13,4	Clair.
29	15,2	14,8	14,4	14,2	Nuageux.
30	16,0	15,9	16,0	16,1	Couvert.
31	12,4	11,3	11,2	11,6	Nuageux.
Moyennes.	16,3	16,3	15,53	15,8	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 16°3
au marronnier. 16,3
au Nord. 15,53
au Midi. 15,80

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

SEPTEMBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.
1	24°5	26°2	Soleil.	32°3	35°5	Soleil.	19°6	20°1	Clair.
2	24,7	27,0	Id.	33,7	36,4	Id.	22,0	22,8	Id.
3	20,0	19,7	Nuageux.	29,4	31,9	Id.	21,4	21,7	Id.
4	19,6	19,8	Couvert.	24,8	26,0	Id.	21,8	21,5	Couvert.
5	20,9	20,9	Id.	26,4	27,5	Nuageux.	18,4	18,6	Clair.
6	24,7	26,5	Soleil.	31,5	32,4	Id.	21,0	21,2	Couvert.
7	18,4	18,2	Nuageux.	21,1	21,4	Couvert.	15,0	15,0	Clair.
8	19,6	19,5	Id.	22,3	23,6	Nuageux.	16,5	16,5	Couvert.
9	21,5	22,4	Id.	22,0	22,8	Couvert.	17,8	17,8	Id.
10	16,9	16,9	Couvert.	22,3	23,5	Nuageux.	16,1	16,1	Clair.
11	13,7	13,5	Id.	21,6	22,3	Id.	15,2	15,0	Id.
12	18,9	18,5	Nuageux.	23,2	25,4	Soleil.	15,3	15,3	Id.
13	21,7	22,0	Soleil.	23,9	23,5	Couvert.	19,4	19,7	Couvert.
14	16,8	16,8	Nuageux.	19,8	19,8	Id.	13,2	13,0	Nuageux.
15	14,7	14,7	Id.	17,5	17,8	Nuageux.	11,8	11,7	Clair.
16	14,5	14,6	Couvert.	16,2	16,3	Id.	12,9	13,0	Id.
17	13,4	13,7	Nuageux.	17,4	17,5	Id.	13,5	13,5	Couvert.
18	14,1	14,2	Id.	17,3	17,6	Id.	14,8	14,8	Id.
19	16,2	17,0	Soleil.	22,7	25,9	Soleil.	11,7	11,7	Clair.
20	19,3	20,1	Id.	22,4	23,2	Nuageux.	15,6	15,8	Couvert.
21	18,5	18,7	Nuageux.	18,2	19,4	Pluie.	13,5	13,5	Nuageux.
22	15,0	15,3	Couvert.	14,6	14,6	Id.	16,0	16,4	Couvert.
23	16,8	17,5	Id.	17,0	17,2	Id.	13,5	13,5	Pluie.
24	16,2	16,4	Nuageux.	16,6	17,0	Couvert.	12,8	12,8	Nuageux.
25	15,9	16,2	Id.	21,0	21,8	Soleil.	12,5	12,5	Clair.
26	14,5	14,0	Soleil.	16,8	17,2	Couvert.	12,0	12,1	Id.
27	12,5	12,5	Brouillard.	17,3	18,4	Soleil.	10,3	10,3	Id.
28	14,7	15,2	Nuageux.	18,4	19,5	Id.	14,2	14,7	Id.
29	17,8	17,6	Id.	18,6	18,7	Pluie.	15,8	15,8	Pluie.
30	21,4	23,8	Soleil.	23,4	23,8	Couvert.	16,7	16,7	Clair.
Moy.	17,91	18,32		21,66	22,59		15,87	15,80	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 18°38

au marronnier. 18,90

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

SEPTEMBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	19°3	31°2	26°7	40°2	16°4	16°6
2	20,5	30,0	29,6	42,1	21,9	21,5
3	18,3	22,0	27,5	37,9	19,8	20,0
4	19,9	20,8	24,3	32,6	20,7	21,2
5	20,7	21,2	25,0	27,5	18,4	18,6
6	21,4	33,9	29,6	38,2	20,7	21,0
7	17,8	25,0	20,4	22,3	14,8	14,8
8	16,9	25,8	21,3	30,4	15,6	15,7
9	16,7	25,0	21,4	23,1	17,5	17,2
10	16,7	18,2	19,8	24,3	15,8	15,3
11	12,6	15,7	20,0	30,2	12,7	13,2
12	15,5	23,0	21,6	30,8	13,6	14,0
13	17,2	27,4	23,7	26,1	18,5	18,6
14	16,3	20,6	19,5	24,9	13,2	13,2
15	15,0	20,4	16,8	23,2	11,2	11,4
16	13,6	20,5	15,4	17,6	12,4	12,2
17	13,5	14,4	16,8	18,7	13,2	13,2
18	12,7	19,0	16,7	18,3	14,6	14,4
19	13,8	24,9	19,6	29,5	11,3	11,8
20	14,4	22,3	21,7	24,2	15,6	15,8
21	16,4	21,8	18,9	20,3	13,2	13,2
22	15,2	17,6	14,7	14,8	15,6	15,8
23	17,4	17,9	16,0	17,2	13,4	13,6
24	15,6	21,5	16,0	16,7	12,6	12,8
25	15,7	17,4	18,3	27,8	11,9	12,1
26	13,1	21,0	16,2	17,6	10,8	11,0
27	9,8	14,6	16,8	25,6	9,6	9,6
28	9,4	18,7	18,9	26,4	13,0	13,6
29	16,0	17,6	18,7	19,5	15,2	15,4
30	16,6	27,2	22,1	24,5	14,8	15,2
Moyennes.	15,93	21,89	20,47	25,68	14,93	11,73

Moyennes : au Nord. . . . 17°11
au Midi. . . . 19,76

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

SEPTEMBRE 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	14°3	13°5	11°6	11°8	Clair.
2	12,7	11,9	11,4	11,8	Id.
3	16,0	15,6	14,9	15,4	Nuageux.
4	17,4	17,4	16,5	16,5	Couvert.
5	19,0	18,7	18,6	18,7	Id.
6	15,3	14,9	14,8	15,0	Nuageux.
7	13,8	13,5	13,2	13,2	Clair.
8	12,2	11,0	11,3	11,5	Nuageux.
9	10,5	9,4	9,8	10,2	Id.
10	14,9	14,5	15,0	14,9	Couvert.
11	11,5	11,0	11,2	10,8	Clair.
12	10,0	8,7	8,6	8,9	Id.
13	8,7	8,3	8,7	9,2	Id.
14	12,5	12,0	11,8	12,5	Couvert.
15	11,4	11,4	11,0	11,2	Nuageux.
16	10,5	10,5	10,3	10,5	Pluie.
17	11,2	11,2	11,4	11,4	Couvert.
18	9,2	8,9	9,0	8,9	Nuageux.
19	8,7	8,5	8,5	8,7	Clair.
20	9,2	9,0	9,2	9,4	Couvert.
21	13,3	13,3	13,4	13,0	Id.
22	13,7	13,7	13,5	13,5	Nuageux.
23	16,0	16,0	13,8	15,8	Couvert.
24	12,5	12,8	12,8	13,0	Nuageux.
25	12,2	12,2	11,9	12,1	Couvert.
26	9,5	9,5	9,4	9,4	Clair.
27	6,7	6,7	7,0	7,5	Brouillard.
28	6,5	5,8	5,8	6,7	Clair.
29	10,3	10,6	9,5	10,0	Id.
30	11,4	11,4	10,6	10,6	Nuageux.
Moyennes.	12,04	11,73	11,45	11,71	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 12°04
au marronnier. 11,73
au Nord 11,45
au Midi. 11,71

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

OCTOBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	19°5	19°8	Soleil.	25°4	26°2	Nuageux.	17°5	18°0	Clair.
2	22,4	23,2	Id.	23,9	24,7	Soleil.	15,8	15,8	Id.
3	16,5	16,5	Couvert.	22,4	23,1	Nuageux.	15,6	15,6	Id.
4	15,7	15,7	Id.	24,3	25,0	Soleil.	16,7	16,7	Id.
5	16,2	16,2	Nuageux.	27,5	28,4	Id.	17,4	17,4	Id.
6	19,7	22,0	Soleil.	28,3	30,0	Id.	18,7	19,3	Id.
7	17,8	19,5	Nuageux.	25,4	26,8	Id.	19,0	19,5	Nuageux.
8	17,5	17,8	Couvert.	24,7	25,2	Couvert.	19,6	19,6	Clair.
9	18,3	18,7	Nuageux.	22,0	22,7	Id.	17,8	17,8	Nuageux.
10	18,4	19,2	Id.	26,5	27,8	Soleil.	19,2	19,2	Clair.
11	18,9	18,9	Pluie.	20,7	21,5	Couvert.	15,4	15,4	Nuageux.
12	15,9	15,9	Nuageux.	19,0	20,8	Nuageux.	11,2	11,2	Clair.
13	15,2	15,6	Id.	21,5	23,0	Soleil.	13,4	13,6	Id.
14	14,6	15,3	Soleil.	24,0	25,3	Id.	14,2	14,5	Id.
15	15,5	15,8	Id.	23,5	24,2	Id.	13,6	13,9	Id.
16	10,8	10,8	Brouillard.	19,4	19,4	Nuageux.	13,7	13,7	Id.
17	15,9	16,0	Nuageux.	14,8	15,0	Couvert.	11,8	11,8	Id.
18	10,0	10,3	Couvert.	14,0	14,8	Soleil.	10,2	10,2	Id.
19	12,5	12,7	Soleil.	17,5	18,4	Id.	10,7	11,0	Id.
20	12,4	12,9	Nuageux.	17,8	18,2	Id.	10,0	10,0	Id.
21	13,5	14,2	Id.	20,5	21,0	Id.	14,3	14,5	Couvert.
22	14,4	14,9	Couvert.	11,2	11,5	Pluie.	10,2	10,2	Id.
23	12,6	12,8	Nuageux.	15,4	16,1	Soleil.	10,5	10,5	Nuageux.
24	13,2	14,0	Id.	16,8	17,6	Id.	9,7	9,7	Clair.
25	10,3	10,3	Brouillard.	15,6	16,2	Id.	7,5	7,5	Brouillard.
26	5,6	5,6	Nuageux.	14,1	14,4	Id.	5,8	6,0	Clair.
27	3,5	3,5	Brouillard.	5,4	5,4	Brouillard.	4,8	4,8	Couvert.
28	3,4	3,4	Couvert.	9,5	9,8	Nuageux.	3,0	3,0	Clair.
29	5,6	6,0	Id.	4,8	4,8	Pluie.	5,2	5,2	Pluie.
30	4,3	4,5	Nuageux.	7,4	7,5	Couvert.	6,8	6,8	Couvert.
31	6,8	6,8	Couvert.	10,6	11,0	Nuageux.	7,8	8,0	«
Moy.	13,45	13,80		18,51	19,29		12,23	12,50	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 14°73
au marronnier. 15,19

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

OCTOBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	17°6	21°8	22°8	27°1	16°8	17°9
2	19,2	27,5	21,6	30,8	15,7	15,2
3	15,9	17,0	20,4	28,5	15,2	15,0
4	15,5	16,7	20,5	29,7	16,4	15,8
5	13,8	16,6	22,9	35,2	15,6	16,4
6	17,3	26,7	25,0	34,9	16,8	17,5
7	16,7	23,2	23,7	32,0	18,6	19,2
8	16,6	18,1	23,5	25,4	18,7	19,0
9	17,8	19,4	21,8	25,6	17,4	17,8
10	17,2	23,5	23,5	31,2	18,3	18,5
11	18,0	18,6	20,3	21,7	14,8	14,8
12	13,1	16,4	17,6	24,9	10,8	11,4
13	12,2	17,3	19,7	29,2	10,7	13,0
14	11,8	16,0	21,2	29,4	13,0	13,9
15	12,5	15,4	20,0	27,5	12,8	13,2
16	10,7	11,6	17,8	20,6	13,4	13,5
17	15,3	16,7	15,4	16,2	11,6	11,7
18	10,3	11,0	13,6	14,8	9,6	10,0
19	8,7	9,6	16,7	18,5	10,5	11,2
20	9,8	12,5	16,3	19,0	9,6	10,1
21	12,5	14,8	19,4	20,6	13,8	14,2
22	14,4	15,3	11,0	11,2	10,2	10,2
23	9,8	12,0	14,2	15,0	10,2	10,4
24	11,6	13,2	16,0	17,6	9,4	9,8
25	8,4	10,7	15,3	16,1	8,1	8,3
26	4,6	5,8	11,7	13,2	4,9	5,2
27	3,7	4,3	5,4	5,8	5,0	5,0
28	3,6	4,9	8,7	9,5	3,1	2,8
29	6,3	6,2	4,5	5,1	4,8	5,1
30	3,6	4,8	6,8	7,6	7,0	6,9
31	6,5	7,0	9,2	10,8	7,6	»
Moyennes.	12,43	14,66	17,00	21,13	11,72	12,43

Moyennes : au Nord. . . . 13°72
au Midi. . . . 16,07

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

OCTOBRE 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	12°7	12°7	11°6	11°8	Clair.
2	13,8	14,0	13,8	14,0	Id.
3	14,2	14,2	14,6	14,8	Couvert.
4	11,8	12,0	12,0	11,6	Clair.
5	11,0	11,0	10,8	10,8	Id.
6	12,4	12,4	12,0	12,4	Nuageux.
7	13,1	13,7	13,1	13,6	Clair.
8	13,6	13,6	13,5	14,0	Couvert.
9	17,5	17,8	16,8	17 2	Id.
10	13,8	13,8	13,6	13,6	Id.
11	17,5	17,5	16,6	16,6	Id.
12	9,4	9,4	9,5	9,8	Clair.
13	7,6	7,8	7,4	8,0	Id.
14	8,7	8,7	8,5	8,9	Id.
15	8,5	8,5	8,4	8,7	Id.
16	9,2	9,2	9,5	9,6	Brouillard.
17	13,2	13,5	13,2	13,4	Couvert.
18	8,4	8,7	8,7	8,4	Clair.
19	6,0	6,0	5,8	6,1	Id.
20	6,5	6,5	6,7	7,0	Id.
21	8,4	8,4	8,6	9,0	Couvert.
22	10,7	10,7	10,4	10,6	Nuageux.
23	8,6	8,6	8,2	8,4	Couvert.
24	8,7	8,7	8,5	8,5	Id.
25	6,5	6,5	6,2	6,2	Brouillard.
26	3,2	3,2	3,8	4,0	Id.
27	2,8	2,8	2,9	3,2	Id.
28	3,0	3,0	3,2	3,2	Couvert.
29	5,1	5,1	5,6	5,3	Id.
30	2,5	2,5	2,1	2,4	Nuageux.
31	5,0	5,0	5,2	5,2	Couvert.
Moyennes.	9,46	9,53	9,35	9,53	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 9°46
au marronnier. 9,53
au Nord 9,35
au Midi. 9,53

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

NOVEMBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	5°8	5°8	Pluie.	8°5	8°9	Nuageux.	3°9	4°0	Clair.
2	7,4	7,2	Nuageux.	8,2	8,4	Couvert.	5,2	5,2	Id.
3	5,5	5,7	Id.	9,8	10,7	Nuageux.	5,8	5,8	Id.
4	6,0	6,1	Id.	9,7	10,0	Couvert.	6,8	7,4	Couvert.
5	7,3	7,5	Couvert.	11,9	12,2	Id.	9,7	9,8	Id.
6	9,4	9,5	Id.	12,3	12,5	Nuageux.	11,7	11,7	Id.
7	9,0	9,2	Id.	14,8	15,0	Soleil.	9,6	9,6	Id.
8	8,5	8,5	Pluie.	12,0	12,2	Couvert.	10,1	10,1	Id.
9	8,4	8,4	Couvert.	12,8	13,1	Nuageux.	4,6	4,6	Clair.
10	7,2	7,3	Nuageux.	11,7	11,8	Couvert.	8,2	8,2	Nuageux.
11	9,3	9,5	Soleil.	12,1	12,5	Id.	7,5	7,5	Clair.
12	8,5	8,5	Couvert.	10,7	10,7	Pluie.	11,3	11,4	Couvert.
13	9,8	10,0	Pluie.	18,2	18,4	Couvert.	14,5	14,5	Pluie.
14	8,5	8,7	Soleil.	9,7	9,8	Id.	6,2	6,2	Clair.
15	6,2	6,2	Couvert.	8,1	8,4	Id.	5,2	5,2	Nuageux.
16	2,7	2,7	Pluie.	3,2	3,2	Pluie.	2,4	2,4	Clair.
17	3,8	4,0	Soleil.	6,5	6,5	Couvert.	1,3	1,3	Id.
18	0,0	0,0	Couvert.	2,1	2,1	Id.	0,0	0,0	Id.
19	— 0,7	— 0,7	Soleil.	4,2	4,3	Soleil.	— 2,3	— 2,3	Id.
20	— 2,5	— 2,5	Id.	4,3	4,4	Id.	— 2,0	— 2,0	Id.
21	+ 1,7	+ 1,9	Id.	10,5	10,6	Id.	+ 3,9	+ 4,0	Id.
22	7,3	7,5	Couvert.	11,8	12,3	Couvert.	10,5	10,5	Couvert.
23	6,2	6,4	Id.	8,9	9,0	Pluie.	5,2	5,2	Clair.
24	4,1	4,1	Id.	4,7	4,7	Couvert.	1,8	1,8	Id.
25	0,5	0,5	Id.	5,6	5,4	Nuageux.	1,2	1,2	Id.
26	11,6	11,9	Id.	13,5	14,0	Couvert.	12,2	12,2	Pluie.
27	13,9	14,8	Id.	14,3	14,7	Pluie.	10,5	10,5	Couvert.
28	8,7	8,7	Id.	11,4	11,7	Nuageux.	7,3	7,4	Id.
29	9,8	9,8	Id.	12,1	12,6	Couvert.	11,7	11,9	Id.
30	13,5	13,7	Id.	14,5	14,9	Nuageux.	13,4	13,4	Pluie.
Moy.	6,61	6,68		9,93	10,17		6,58	6,95	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 7°71
au marronnier. 7,93

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

NOVEMBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	6°2	6°1	7°2	7°9	3°4	3°6
2	5,1	6,5	7,9	8,1	4,5	4,6
3	4,5	5,4	8,7	9,8	4,4	4,5
4	4,2	5,3	8,8	9,7	6,8	7,1
5	7,5	8,2	10,4	11,0	8,7	8,9
6	9,4	9,8	11,2	12,0	11,5	11,6
7	8,9	9,6	11,8	12,9	7,8	7,9
8	9,0	9,0	10,5	10,7	8,7	8,8
9	7,5	8,4	9,6	10,1	3,2	3,4
10	6,5	7,6	10,2	10,6	6,8	7,0
11	7,8	9,4	11,5	12,0	6,9	7,1
12	7,6	8,3	9,8	10,0	10,8	11,0
13	9,6	9,6	17,4	18,2	14,2	14,2
14	7,5	10,4	9,2	10,0	5,4	5,6
15	5,8	6,3	7,4	8,1	4,0	4,2
16	1,8	2,0	2,4	3,2	1,2	1,3
17	1,7	2,0	5,3	6,1	0,5	0,5
18	− 0,2	0,0	1,6	1,8	− 0,4	− 0,4
19	− 1,5	− 0,7	2,0	2,6	− 2,6	− 2,4
20	− 4,6	− 4,5	1,4	3,2	− 2,4	− 2,0
21	− 0,2	+ 1,3	8,3	10,2	+ 3,6	+ 3,5
22	+ 6,7	7,0	11,0	11,2	10,2	10,2
23	5,8	7,1	8,0	8,7	4,5	4,5
24	3,4	3,6	4,2	4,2	1,0	0,9
25	0,2	0,3	3,9	4,8	1,2	1,4
26	10,3	11,4	12,4	12,5	12,1	12,1
27	13,2	13,5	14,3	14,4	10,0	10,2
28	7,5	8,4	9,7	11,2	7,1	7,2
29	9,3	9,5	11,8	12,1	11,6	11,6
30	13,2	13,6	13,7	14,5	13,2	13,4
Moyennes.	5,82	6,49	8,72	9,47	5,53	6,09

Moyennes : au Nord. . . . 6°69
au Midi. . . . 7,35

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

NOVEMBRE 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	6°5	6°5	6°7	6°7	Pluie.
2	2,4	2,4	2,5	2,5	Couvert.
3	2,5	2,5	1,8	2,0	Nuageux.
4	3,7	3,7	3,2	3,4	Couvert.
5	5,1	5,1	4,8	4,8	Id.
6	9,2	9,2	8,9	9,0	Id.
7	7,1	7,1	6,5	6,8	Nuageux.
8	8,2	8,2	8,4	8,3	Pluie.
9	8,0	8,0	7,1	7,4	Couvert.
10	3,5	3,5	3,0	3,2	Clair.
11	5,9	5,9	5,3	5,3	Id.
12	5,7	5,7	5,6	5,6	Couvert.
13	8,9	8,9	8,4	8,5	Id.
14	7,8	7,8	7,5	7,6	Nuageux.
15	5,7	5,7	5,1	5,2	Pluie.
16	4,3	4,3	4,0	4,2	Id.
17	1,2	1,2	0,8	1,0	Couvert.
18	— 1,2	— 1,2	— 1,4	— 1,4	Nuageux.
19	— 1,6	— 1,6	— 1,8	— 1,8	Couvert
20	— 5,4	— 5,4	— 5,4	— 5,3	Clair.
21	— 2,1	— 2,1	— 2,5	— 2,5	Id.
22	+ 6,0	+ 6,2	+ 6,0	+ 6,2	Couvert.
23	+ 5,4	+ 5,4	+ 5,2	+ 5,2	Clair.
24	+ 2,5	+ 2,5	+ 2,4	+ 2,4	Pluie.
25	— 2,8	— 2,8	— 3,0	— 2,9	Brouillard.
26	+ 7,4	+ 7,4	+ 7,1	+ 7,2	Pluie.
27	12,5	12,5	12,4	12,4	Couvert.
28	8,0	8,0	7,8	8,0	Pluie.
29	8,5	8,5	8,4	8,5	Couvert.
30	12,6	12,6	12,5	12,6	Id.
Moyennes.	4,85	4,85	4,57	4,67	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 4°85
au marronnier. 4,85
au Nord 4,57
au Midi. 4,67

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DÉCEMBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	9°8	10°0	Soleil.	11°7	12,4	Nuageux.	7°8	7°8	Clair.
2	4,9	5,2	Nuageux.	7,6	7,9	Id.	3,2	3,2	Id.
3	1,6	2,0	Soleil.	6,5	6,8	Id	0,0	0,0	Id.
4	1,5	1,5	Id.	6,0	6,4	Soleil.	— 0,4	— 0,4	Id.
5	— 0,3	— 0,3	Pluie.	6,5	7,0	Nuageux.	+ 3,8	+ 4,0	Id.
6	+ 2,7	+ 2,7	Couvert.	4,8	5,1	Pluie.	4,5	4,5	Pluie.
7	11,0	11,6	Id.	13,0	13,7	Nuageux.	10,3	10,8	Couvert.
8	11,5	12,0	Pluie.	14,7	15,5	Id.	11,0	11,4	Nuageux.
9	10,9	11,5	Couvert.	11,9	12,4	Couvert.	8,7	9,1	Id.
10	7,8	8,0	Id.	12,6	13,0	Nuageux.	8,0	8,4	Clair.
11	7,6	7,8	Id.	11,2	11,5	Couvert.	7,9	8,0	Brouillard.
12	8,7	9,0	Id.	10,9	11,3	Id.	7,3	7,5	Clair.
13	7,9	8,2	Id.	12,5	13,2	Id.	10,5	10,5	Id.
14	8,5	8,7	Id.	12,0	12,8	Nuageux.	6,4	6,4	Id.
15	8,0	8,2	Soleil.	10,9	11,3	Couvert.	8,0	8,2	Id.
16	7,8	8,0	Couvert.	10,4	10,9	Id.	9,8	10,0	Couvert.
17	9,5	9,7	Id.	10,0	10,4	Id.	9,0	9,0	Id.
18	7,5	7,8	Pluie.	9,5	9,7	Nuageux.	6,4	6,4	Pluie.
19	3,8	4,0	Couvert.	5,6	5,6	Couvert.	2,5	2,5	Nuageux.
20	1,7	1,7	Id.	4,3	4,5	Nuageux.	0,4	0,4	Clair.
21	— 1,7	— 1,7	Soleil.	2,0	2,3	Soleil.	— 1,9	— 1,9	Id.
22	— 1,9	— 1,9	Id.	0,6	0,8	Id.	— 2,4	— 2,4	Id.
23	— 1,2	— 1,1	Id.	2,9	3,2	Couvert	— 0,5	— 0,4	Id.
24	— 1,4	— 1,4	Id.	3,0	3,2	Soleil.	— 0,4	— 0,4	Id.
25	— 1,6	— 1,5	Id.	5,6	6,2	Id	— 1,2	— 1,1	Id.
26	— 3,5	— 3,4	Id.	2,4	2,7	Id.	— 1,8	— 1,8	Id.
27	— 2,7	— 2,5	Id.	4,5	4,9	Id.	— 1,0	— 1,0	Id.
28	— 3,0	— 2,8	Id.	2,8	3,0	Id.	— 2,7	— 2,7	Id.
29	— 4,7	— 4,7	Id.	— 2,3	2,1	Id.	— 3,8	— 3,8	Id.
30	— 5,6	— 6,6	Brouillard.	— 2,4	— 2,2	Id.	— 4,0	— 4,0	Id.
31	— 1,0	— 0,8	Couvert.	— 0,2	— 0,2	Couvert.	— 1,7	— 1,7	Couvert.
Moy.	3,37	3,54		6,82	7,2		3,38	3,45	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 4°52
au marronnier. 4,73

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

DÉCEMBRE 1861.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	3°7	9°8	10°6	11°8	7°1	7°2
2	3,4	4,2	6,8	7,5	2,0	1,8
3	0,6	1,1	4,9	5,7	— 0,2	— 0,2
4	— 0,5	0,2	2,8	4,5	— 0,6	— 0,4
5	— 0,4	— 0,4	4,9	5,3	+ 2,8	+ 2,8
6	+ 1,6	+ 2,0	4,2	4,5	4,3	4,3
7	11,0	11,4	12,0	12,2	9,8	10,4
8	11,6	11,8	13,8	14,7	10,7	11,0
9	10,7	11,1	11,7	12,5	8,0	8,4
10	7,2	7,9	10,9	12,0	6,8	7,1
11	7,4	7,6	10,4	10,6	7,6	7,6
12	8,7	9,0	10,0	10,5	6,5	6,7
13	7,5	7,8	12,0	12,4	10,2	10,2
14	8,2	8,4	11,2	11,8	5,2	5,4
15	5,6	7,0	10,1	10,5	7,8	7,4
16	7,5	7,8	9,7	10,0	9,2	9,2
17	9,2	9,6	9,8	10,0	8,6	8,6
18	7,5	7,5	8,4	8,6	6,0	6,2
19	3,8	3,8	5,0	5,1	2,4	2,4
20	1,6	1,6	3,4	3,6	0,1	0,1
21	— 1,9	— 1,8	1,2	1,4	— 2,0	— 2,0
22	— 2,0	— 2,5	0,3	0,5	— 2,6	— 2,6
23	— 1,5	— 1,5	2,4	2,4	— 0,5	— 0,5
24	— 1,8	— 1,6	3,2	3,5	— 0,6	— 0,6
25	— 1,9	— 1,9	3,1	4,0	— 1,4	— 1,4
26	— 3,8	— 3,6	1,5	1,7	— 2,2	— 2,1
27	— 3,6	— 3,4	3,4	3,9	— 1,0	— 0,9
28	— 3,2	— 3,1	— 2,1	2,4	— 2,9	— 2,8
29	— 4,7	— 4,7	— 2,8	— 2,3	— 3,8	— 3,8
30	— 5,6	— 5,6	— 2,8	— 2,7	— 4,3	— 4,3
31	— 1,0	— 1,0	— 0,4	— 0,4	— 1,8	— 1,8
Moyennes.	2,90	3,2	5,93	6,4	3,00	3,00

Moyennes : au Nord. . . . 3°94
au Midi. 4,16

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DÉCEMBRE 1861.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	9°4	9°5	8°9	9°0	Clair.
2	3,5	3,5	3,0	3,2	Id.
3	— 0,8	— 0,8	— 1,0	— 1,0	Id.
4	— 1,5	— 1,5	— 2,0	— 1,9	Id.
5	+ 2,0	+ 2,0	+ 2,4	+ 2,1	Couvert.
6	2,3	2,3	1,5	1,7	Pluie.
7	9,1	9,5	9,0	9,2	Id.
8	11,8	12,2	11,8	12,0	Id.
9	10,5	11,0	10,5	11,0	Couvert.
10	6,5	6,5	6,3	6,5	Clair.
11	6,8	6,8	6,5	6,8	Brouillard.
12	8,7	8,7	8,6	8,7	Couvert.
13	6,8	7,0	6,8	7,0	Id.
14	7,9	7,9	7,8	7,9	Id.
15	2,7	2,7	1,9	2,2	Clair.
16	7,2	7,2	6,8	7,0	Couvert.
17	9,4	9,5	9,0	9,1	Pluie.
18	7,3	7,3	7,4	7,1	Clair.
19	3,8	3,8	3,6	3,6	Id.
20	1,5	1,5	1,2	1,0	Clair.
21	— 2,2	— 2,2	— 2,3	— 2,4	id.
22	— 3,8	— 3,8	— 4,0	— 4,0	Id.
23	— 1,4	— 1,4	— 1,6	— 1,6	Id.
24	— 2,0	— 2,0	— 2,2	— 2,2	Id.
25	— 2,3	— 2,3	— 2,4	— 2,4	Id.
26	— 4,8	— 4,8	— 5,0	— 5,2	Id.
27	— 4,7	— 4,7	— 5,2	— 5,2	Id.
28	— 4,8	— 4,8	— 5,0	— 5,0	Id.
29	— 5,0	— 5,0	— 5,2	— 5,4	Id.
30	— 6,2	— 6,2	— 6,4	— 6,4	Brouillard.
31	— 3,1	— 3,1	— 3,2	— 3,2	Couvert.
Moyennes.	2,28	2,33	2,00	2,1	

Moyennes : à l'amphithéâtre . . . . . 2°28
au marronnier 2,33
au Nord. 2,00
au Midi. 2,1

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JANVIER 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre.	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.
1	— 2°9	— 2°9	Couvert.	— 2°6	— 2°6	Couvert.	— 1°0	— 0°9	Couvert.
2	+ 1,3	+ 1,3	Id.	+ 2,3	+ 2,5	Id.	+ 1,2	+ 1,2	Id.
3	— 3,4	— 3,4	Soleil.	0,8	1,0	Soleil.	— 3,1	— 3,1	Id.
4	+ 3,6	+ 3,8	Couvert.	5,4	5,6	Couvert.	+ 3,0	+ 3,0	Nuageux
5	3,0	3,2	Id.	5,7	5,9	Id.	5,0	5,1	Pluie.
6	2,1	2,3	Nuageux.	4,8	4,8	Id.	3,2	3,2	Nuageux.
7	1,9	2,0	Couvert.	4,7	4,9	Nuageux.	1,7	1,7	Id.
8	2,8	3,0	Id.	3,8	3,8	Pluie.	3,2	3,2	Couvert.
9	2,6	2,6	Pluie.	6,9	7,3	Id.	9,5	9,8	Id.
10	12,9	13,2	Couvert.	12,7	13,0	Id.	12,2	12,4	Id.
11	11,3	11,6	Id.	12,3	12,4	Couvert.	8,5	8,6	Id.
12	5,8	6,0	Nuageux.	8,9	9,2	Nuageux.	5,4	5,4	Pluie.
13	5,3	5,4	Id.	8,2	8,2	Couvert.	4,3	4,3	Clair.
14	4,6	4,6	Pluie.	6,8	6,9	Id.	4,2	4,2	Couvert.
15	1,7	1,7	Brouillard.	4,5	4,6	Nuageux.	2,3	2,3	Id.
16	— 0,2	— 0,2	Couvert.	— 0,3	— 0,3	Couvert.	— 1,9	— 1,9	Id.
17	— 5,4	— 5,4	Soleil.	— 3,2	— 3,1	Nuageux.	— 5,0	— 5,0	Clair.
18	— 7,1	— 7,0	Nuageux.	— 2,7	— 2,6	Id.	— 5,9	— 5,9	Id.
19	— 7,9	— 7,9	Soleil.	— 5,2	— 5,2	Brouillard.	— 7,8	— 7,8	Id.
20	— 7,3	— 7,3	Id.	+ 0,4	+ 0,5	Soleil.	— 3,6	3,6	Nuageux.
21	+ 1,5	+ 1,6	Couvert.	4,9	5,2	Couvert.	+ 2,7	+ 2,9	Id.
22	3,8	3,9	Id.	6,2	6,5	Id.	3,2	3,4	Couvert.
23	2,6	2,6	Brouillard.	7,1	7,4	Id.	5,2	5,2	Pluie.
24	7,8	7,8	Pluie.	11,5	11,9	Nuageux.	9,0	9,1	Couvert.
25	8,0	8,3	Couvert.	12,2	12,5	Id.	8,2	8,3	Id.
26	3,8	3,8	Brouillard.	5,8	5,9	Brouillard.	0,9	1,0	Clair.
27	9,9	1,0	Nuageux.	5,7	6,0	Nuageux.	0,0	0,0	Id.
28	— 0,3	— 0,3	Couvert.	5,4	5,6	Couvert.	3,0	3,0	Id.
29	+ 5,7	+ 7,6	Id.	8,6	8,6	Pluie.	8,1	8,1	Couvert.
30	12,0	12,2	Id.	11,4	11,5	Id.	11,0	11,2	Pluie.
31	11,4	11,6	Pluie.	13,6	14,0	Couvert.	11,9	12,0	Couvert.
Moy.	2,70	2,80		5,37	5,52		3,15	3,24	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 3°74
au marronnier. 3,85

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JANVIER 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	— 3°0	— 2°9	— 2°6	— 2°6	— 1°0	— 1°0
2	+ 1,2	— 1,4	+ 2,3	+ 2,3	+ 1,2	+ 1,2
3	3,5	— 3,5	0,2	0,8	— 3,4	— 3,4
4	3,4	+ 3,8	5,1	5,3	+ 2,9	+ 2,9
5	3,0	3,2	5,7	6,0	5,0	5,0
6	1,8	2,4	4,6	5,0	3,1	3,1
7	2,0	2,2	4,3	4,0	1,4	1,4
8	2,6	2,8	3,2	3,2	3,1	3,1
9	2,3	2,7	6,4	6,5	9,5	9,5
10	12,0	12,2	12,5	13,0	12,5	12,2
11	11,3	11,7	11,9	12,4	8,5	8,5
12	5,4	5,6	8,7	9,5	5,4	5,7
13	5,1	5,3	8,0	8,6	4,2	4,2
14	4,5	4,5	6,5	6,7	4,0	4,1
15	1,6	1,6	3,6	4,2	2,1	2,1
16	— 0,4	— 0,3	— 0,3	— 0,2	— 2,0	— 1,9
17	— 5,8	— 5,4	— 3,9	— 3,5	— 5,1	— 5,0
18	— 7,5	— 7,0	— 4,2	— 3,4	— 6,2	— 6,0
19	— 9,2	— 8,7	— 5,4	— 5,1	— 8,0	— 8,0
20	— 8,6	— 8,2	— 1,3	— 0,0	— 3,8	— 3,7
21	+ 1,6	+ 1,7	+ 3,2	— 3,7	+ 2,5	+ 2,6
22	3,5	4,0	5,8	5,9	3,2	3,2
23	2,6	2,6	6,8	7,0	5,1	5,1
24	7,8	7,8	10,3	11,4	8,7	8,9
25	8,0	8,2	11,0	12,2	8,9	8,0
26	3,6	4,2	5,4	6,3	0,6	0,6
27	— 0,2	0,4	5,3	6,2	— 0,2	— 0,2
28	— 0,5	— 0,2	4,8	5,1	+ 2,7	+ 2,8
29	+ 7,0	+ 7,3	8,2	8,4	8,0	8,1
30	11,8	12,0	11,3	11,3	11,0	11,0
31	11,4	11,6	13,5	13,8	11,8	11,8
Moyennes.	2,38	2,50	4,84	5,28	3,05	3,1

Moyennes : au Nord. . . . 3°42
au Midi. . . . 3,63

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JANVIER 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	— 2°5	— 2°4	— 2°5	— 2°6	Couvert.
2	— 0,2	— 0,2	— 0,2	— 0,2	id.
3	— 4,2	+ 4,0	— 4,2	— 4,2	Clair.
4	+ 2,4	2,4	+ 2,0	+ 2,1	Pluie.
5	2,3	2,3	2,3	2,3	Id.
6	1,8	1,9	1,8	1,8	Nuageux.
7	1,4	1,4	1,4	1,4	Couvert.
8	2,0	2,0	1,8	2,0	Clair.
9	1,8	2,0	1,8	1,9	Id.
10	10,7	10,7	10,5	10,7	Couvert.
11	9,5	9,6	9,5	9,6	Id.
12	5,0	5,0	4,9	4,9	Clair.
13	6,2	6,2	6,0	6,1	Pluie.
14	3,7	3,7	3,5	3,6	Id.
15	1,5	1,5	1,4	1,4	Nuageux.
16	— 0,5	— 0,5	— 0,6	— 0,6	Couvert.
17	— 5,6	— 5,6	— 5,8	— 5,8	Clair.
18	— 8,0	— 8,0	— 8,2	— 8,0	Id.
19	— 9,7	— 9,7	— 9,8	— 9,7	Id.
20	— 9,4	— 9,4	— 9,5	— 9,4	Id.
21	+ 1,3	+ 1,4	+ 1,2	+ 1,3	Neige.
22	1,8	1,8	1,7	1,8	Pluie.
23	1,2	1,2	1,1	1,2	Brouillard.
24	7,6	7,8	7,4	7,6	Couvert.
25	7,9	7,9	7,8	7,8	Pluie.
26	3,4	3,4	3,2	3,3	Clair.
27	— 1,2	— 1,2	— 1,3	— 1,2	Id.
28	— 1,9	— 1,9	— 2,0	— 1,9	Id.
29	+ 5,6	+ 5,6	+ 5,4	+ 5,6	Id.
30	10,8	11,0	10,8	10,8	Couvert.
31	11,4	11,5	11,4	11,4	Id.
Moyennes.	1,81	1,82	1,80	1,80	

Moyennes : à l'amphithéâtre . . . . . 1°81
au marronnier 1,82
au Nord. 1,80
au Midi 1,80

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

FÉVRIER 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT du L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	10°9	11°3	Couvert.	12°4	12°6	Couvert.	10°6	10°6	Couvert.
2	9,8	10,0	Id.	10,8	10,8	Id.	8,7	8,7	Id.
3	8,0	8,1	Id.	9,4	9,5	Pluie.	9,0	9,0	Id.
4	9,5	9,6	Id.	12,2	12,5	Couvert.	9,5	9,5	Clair.
5	9,0	9,2	Nuageux.	14,6	14,9	Nuageux.	9,2	9,2	Nuageux.
6	8,5	8,5	Couvert.	9,3	9,5	Pluie fine.	8,1	8,1	Pluie.
7	4,6	4,6	Pluie.	— 0,4	— 0,3	Neige.	— 1,7	— 1,7	Clair.
8	— 3,5	— 3,4	Soleil.	— 2,6	— 2,6	Nuageux.	— 5,8	— 5,8	Id.
9	— 6,2	— 6,2	Brouillard.	— 1,7	— 1,8	Couvert.	— 3,2	— 3,2	Couvert.
10	— 4,0	— 3,9	Soleil.	+ 1,0	+ 1,2	Id.	— 1,2	— 1,1	Nuageux.
11	— 0,2	0,0	Brouillard.	3,1	3,2	Brouillard.	— 1,8	— 1,8	Couvert.
12	+ 1,0	+ 1,2	Id.	4,7	4,8	Nuageux.	+ 3,5	+ 3,5	Brouillard.
13	4,3	4,5	Nuageux.	6,5	6,9	Couvert.	+ 3,6	+ 3,7	Couvert.
14	2,1	2,4	Soleil.	3,7	3,8	Nuageux.	— 0,4	— 0,4	Clair.
15	1,2	1,3	Id.	7,5	8,0	Soleil.	+ 0,6	+ 0,6	Id.
16	0,6	0,8	Id.	9,1	9,5	Nuageux.	3,8	3,9	Nuageux.
17	8,2	8,7	Id.	14,5	15,0	Soleil.	8,9	9,0	Couvert.
18	8,3	8,5	Nuageux.	14,2	14,9	Nuageux.	7,8	8,1	Clair.
19	8,5	9,0	Soleil.	15,6	16,2	Id.	11,4	11,7	Couvert.
20	12,9	12,6	Couvert.	13,7	14,1	Id.	9,1	9,3	Id.
21	4,8	4,9	Brouillard.	16	16,7	Soleil.	9,5	9,7	Clair.
22	10,6	10,8	Nuageux.	12,2	12,6	Couvert.	6,7	6,8	Id.
23	4,6	4,7	Brouillard.	13,1	13,8	Nuageux.	5,8	5,9	Id.
24	5,7	5,9	Couvert.	8,5	9,0	Id.	5,4	5,4	Id.
25	5,3	5,6	Soleil.	10,2	10,7	Soleil.	3,7	3,7	Id.
26	1,5	1,5	Couvert.	3,0	3,2	Couvert.	2,1	2,2	Couvert.
27	2,0	2,2	Id.	7,1	7,6	Nuageux.	3,5	3,5	Clair.
28	1,9	2,0	Id.	10,6	11,2	Soleil.	4,4	4,5	Id.
Moy.	4,64	4,8		8,50	8,84		4,6	4,8	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 6°91
au marronnier. 6,14

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

FÉVRIER 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	11°0	11°3	12°3	12,5	10°4	10°5
2	9,8	10,1	10,7	10,9	8,7	8,7
3	8,1	8,2	9,2	9,6	8,9	8,3
4	9,3	9,8	12,0	12,3	9,3	9,4
5	9,0	10,1	13,5	14,8	8,9	9,4
6	8,4	8,5	9,1	9,4	8,9	8,9
7	4,5	4,8	— 0,4	— 0,2	8,0	8,2
8	— 4,5	— 1,3	— 2,8	— 1,9	— 1,6	— 1,6
9	— 6,2	— 6,2	— 1,8	— 1,7	— 5,8	— 5,8
10	— 4,8	— 0,8	+ 0,2	+ 3,0	— 3,2	— 3,2
11	— 1,0	— 0,2	3,0	3,6	— 1,2	— 1,0
12	+ 0,8	+ 1,0	4,3	4,9	— 2,0	— 2,0
13	4,4	6,8	6,3	8,7	+ 3,4	+ 3,4
14	0,6	3,7	3,2	4,8	+ 3,6	+ 3,6
15	— 0,4	3,5	5,1	6,7	— 0,5	— 0,5
16	— 1,6	4,2	8,2	10,4	+ 0,4	+ 0,5
17	+ 7,5	10,4	13,4	14,9	3,6	3,8
18	7,8	9,2	13,8	15,0	8,7	8,9
19	7,1	11,4	15,3	16,4	7,2	7,6
20	11,8	12,2	13,2	13,9	11,4	11,5
21	3,6	4,9	14,5	15,6	9,0	9,2
22	10,2	11,8	11,8	12,0	9,3	9,5
23	4,6	4,6	12,3	16,4	6,4	6,5
24	5,0	5,7	8,2	8,9	5,8	6,0
25	3,4	10,2	8,9	18,4	5,2	5,2
26	1,3	1,6	2,5	2,9	3,6	3,6
27	2,0	2,2	6,3	12,5	2,1	2,1
28	1,7	2,1	8,7	16,2	3,2	3,4
					4,3	4,5
Moyennes.	4,0	5,7	8,0	9,6	4,51	4,61

Moyennes : au Nord. . . . 5°5
au Midi. . . . 6,64

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

FÉVRIER 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	10°0	10°2	10°0	10°1	Couvert.
2	9,6	9,6	9,5	9,6	Id.
3	7,5	7,5	7,4	7,5	Id.
4	8,4	8,4	8,4	8,4	Pluie.
5	8,9	8,9	8,8	8,9	Couvert.
6	8,3	8,3	8,1	8,1	Id.
7	6,2	6,2	1,2	6,2	Pluie.
8	— 5,3	— 5,3	— 5,4	— 5,3	Couvert.
9	— 8,4	— 8,4	— 8,5	— 8,4	Clair.
10	— 4,9	— 4,9	— 5,0	— 4,9	Couvert.
11	— 1,4	— 1,4	— 1,5	— 1,5	Id.
12	— 0,7	— 0,7	— 0,8	— 0,8	Id.
13	+ 2,3	+ 2,3	+ 2,1	+ 2,3	Pluie.
14	— 0,5	— 0,5	— 0,6	— 0,5	Nuageux.
15	— 1,9	— 1,9	— 2,0	— 2,9	Clair.
16	— 3,2	— 3,1	— 3,2	— 3,1	Id.
17	+ 4,8	+ 4,8	+ 4,8	+ 4,8	Pluie.
18	4,2	4,3	4,2	4,3	Id.
19	4,7	4,8	4,6	4,7	Nuageux.
20	11,2	11,1	11,0	11,0	Couvert.
21	3,4	3,4	3,2	3,2	Clair.
22	6,5	6,6	6,4	6,5	Couvert.
23	4,0	4,0	3,8	4,0	Brouillard.
24	3,7	3,8	3,7	3,7	Id.
25	1,0	1,0	0,9	0,9	Clair.
26	0,8	0,9	0,8	0,9	Couvert.
27	1,4	1,5	1,4	1,4	Id.
28	1,1	1,2	0,9	1,0	Id.
Moyennes.	2,99	2,94	2,81	2,90	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 2°99
au marronnier. 2,94
au Nord. 2,81
au Midi. 2,90

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MARS 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	— 0°6	— 0°5	Couvert.	7°0	7°5	Soleil.	2°0	2°1	Clair.
2	+ 0,8	+ 1,0	id.	8,5	8,9	Nuageux.	4,9	4,9	Couvert.
3	1,2	1,3	Neige.	4,2	4,3	Pluie.	2,2	2,2	Id.
4	3,0	3,2	Soleil.	4,6	4,7	Neige	0,5	0,6	Id.
5	0,3	0,3	id.	4,3	4,5	Nuageux.	3,2	3,3	Id.
6	11,8	12,0	Nuageux.	16,4	17,5	id.	10,7	11,0	Id.
7	11,2	11,5	id.	17,2	17,8	id.	11,8	11,9	Clair.
8	10,4	10,9	Soleil.	19,5	20,0	id.	12,4	12,5	Pluie.
9	10,7	11,0	id.	16,2	16,7	id.	10,5	10,6	Couvert.
10	9,5	9,7	Couvert.	12,8	13,1	id.	10,0	10,1	Id.
11	8,9	9,2	Soleil.	11,3	11,5	Pluie.	8,2	8,3	Pluie.
12	11,5	11,5	Couvert.	15,5	15,7	Couvert.	9,8	9,9	Id.
13	9,2	9,4	id.	17,2	17,9	Nuageux.	9,5	9,6	Id.
14	8,6	8,6	id.	17,8	18,4	Soleil.	10,3	10,5	Clair.
15	10,7	11,0	Soleil.	13,6	13,9	Nuageux.	8,6	8,6	Id.
16	12,0	12,6	id.	13,8	14,2	id.	7,6	7,6	Id.
17	8,9	9,1	Couvert.	14,3	15,0	id.	6,7	6,9	Id.
18	10,8	11,2	Nuageux.	14,9	15,4	id.	9,2	9,2	Id.
19	11,5	11,7	id.	10,7	10.9	Pluie.	8,2	8,2	Nuageux.
20	9,0	9,1	Pluie.	12,6	13,0	Couvert.	9,6	9,6	Couvert.
21	9,5	9,7	Couvert.	10,4	10,6	Pluie.	4,2	4,2	Pluie.
22	4,8	4,9	id.	10,2	10,4	Couvert.	5,0	5,0	Couvert.
23	8,3	8,5	id.	21,3	21,7	id.	9,0	9,1	Id.
24	10,5	10,3	id.	21,9	22,5	Nuageux.	13,4	13,5	Clair.
25	14,4	14,6	Nuageux.	18,4	18,7	id.	13,6	13,6	Id.
26	12,8	13,2	id.	18,9	19,4	Couvert.	14,2	14,2	Couvert.
27	16,9	17,5	Soleil.	15,8	15,8	Nuageux.	14,3	14,3	Pluie.
28	12,6	12,6	Pluie.	16,9	17,5	Couvert.	10,9	10,9	Clair.
29	12,0	12,2	Couvert.	11,6	11,7	Nuageux.	11,5	11,5	Couvert.
30	8,5	8,6	Pluie.	16,7	17,0	Pluie.	8,6	8,6	
31	11,8	12,4	Soleil.				10,3	10,3	
Moy.	9,10	9,29		13,57	13,95		8,7	8,70	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 10°46
au marronnier. 10,65

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

MARS 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	— 0°8	— 0°3	5°9	14°8	1°8	2°0
2	+ 0,5	+ 1,4	7,2	10,1	4,7	4,9
3	1,3	1,6	4,0	4,3	2,1	2,2
4	1,6	8,2	4,6	5,2	0,6	0,6
5	— 2,5	6,0	4,3	5,1	3,2	3,2
6	+11,2	12,4	15,4	20,2	10,4	10,8
7	10,4	15,2	16,1	20,0	11,2	11,5
8	9,2	14,7	18,4	21,2	12,0	12,4
9	9,8	16,0	15,3	19,1	10,3	10,5
10	9,3	10,8	12,8	16,0	10,0	10,1
11	8,0	12,5	11,2	11,7	8,2	8,2
12	11,4	11,9	14,5	16,2	9,8	9,8
13	9,2	10,0	15,4	19,8	9,5	9,5
14	8,6	10,2	15,9	23,0	10,3	10,4
15	9,2	14,5	12,5	17,4	8,4	8,6
16	11,4	19,2	13,5	17,6	7,5	7,6
17	8,5	9,4	12,8	20,4	6,7	6,8
18	9,6	17,3	14,7	16,3	9,0	9,1
19	10,2	16,4	10,4	10,5	8,1	8,2
20	8,9	9,2	12,0	12,4	9,4	9,6
21	9,0	14,3	10,4	10,4	4,2	4,2
22	4,6	4,9	6,5	7,0	4,9	5,0
23	7,2	11,5	10,3	10,5	9,0	9,1
24	9,5	12,8	20,4	25,4	13,2	13,4
25	13,2	21,0	20,5	26,7	13,4	13,5
26	12,3	14,5	18,3	19,5	14,0	14,2
27	15,4	23,2	18,5	21,6	14,2	14,2
28	12,5	12,5	15,6	16,0	10,8	10,8
29	12,0	12,4	16,4	21,2	14,4	14,5
30	8,6	8,6	11,6	11,6	8,6	8,6
31	10,5	19,7	14,2	24,7	10,2	10,3
Moyennes.	8,4	12,0	12,7	16,00	8,71	8,73

Moyennes : au Nord. . . . 9°93
au Midi. . . . 12,23

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MARS 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	— 1°0	— 0°9	— 1°0	— 0°9	Couvert.
2	— 0,9	— 0,8	— 0,9	— 0,9	Id.
3	+ 1,0	+ 1,2	+ 1,0	+ 1,2	Pluie.
4	— 1,9	— 1,9	— 2,0	— 1,9	Clair.
5	— 4,5	— 4,5	— 4,6	— 4,5	Brouillard.
6	+ 7,4	+ 7,4	+ 7,2	+ 7,3	Pluie.
7	8,5	8,6	8,4	8,5	Couvert.
8	6,3	6,3	6,1	6,2	Brouillard.
9	6,9	7,0	6,8	6,9	Couvert.
10	5,2	5,3	5,0	5,2	Clair.
11	4,9	4,9	4,8	4,8	Couvert.
12	8,7	8,7	8,6	8,7	Id.
13	7,2	7,2	7,1	7,1	Pluie.
14	7,6	7,6	7,5	7,6	Clair.
15	7,0	7,1	7,0	7,1	Id.
16	6,1	6,2	6,1	6,2	Couvert.
17	5,4	5,4	5,2	5,3	Id.
18	4,8	4,8	4,7	4,7	Id.
19	5,9	5,9	5,8	5,9	Id.
20	6,7	6,7	6,6	6,7	Pluie.
21	5,3	5,4	5,3	5,4	Clair.
22	3,2	3,2	3,1	3,2	Couvert.
23	2,8	2,8	2,6	2,7	Id.
24	4,0	4,1	4,0	4,1	Id.
25	9,5	9,5	9,4	9,4	Id.
26	7,8	7,9	7,8	7,9	Id.
27	11,4	11,4	11,2	11,3	Nuageux.
28	12,1	12,2	12,0	12,1	Couvert.
29	9,8	9,8	9,7	9,8	Id.
30	8,2	8,2	8,1	8,1	Id.
31	3,9	4,0	3,9	4,0	Nuageux.
Moyennes.	5,46	5,50	5,37	5,46	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . . 5°46
au marronnier. 5,50
au Nord 5,37
au Midi. 5,46

TROISIÈME MÉMOIRE.

DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE D'UN LIEU, ET DES DIFFICULTÉS QUE PRÉSENTE SA DÉTERMINATION.

La température moyenne d'un lieu est l'élément climatérique employé dans le tracé des lignes isothermes et qui doit servir de point de repère pour reconnaître dans les siècles futurs, en la comparant à de nouvelles déterminations, si le climat de ce lieu a éprouvé ou non des changements. Il est donc très-important de la déterminer avec le plus d'exactitude possible ; mais y parvient-on en recueillant les observations de température faites au nord, avec un thermomètre à mercure placé à $1^{m},33$ environ au-dessus du sol, et auquel on imprime un mouvement de fronde, avant d'en faire la lecture, afin de le mettre en équilibre de température avec l'air ambiant? Je ne le pense pas.

La température d'un lieu, qui est la moyenne du plus grand nombre possible de moyennes annuelles, est considérée comme invariable pendant un laps de temps assez considérable, attendu que des déterminations faites pendant deux périodes de vingt-cinq à trente ans chacune, dans plusieurs localités, ont donné des nombres qui ne différaient entre eux que de centièmes de degré; différence tout à fait négligeable.

On a pensé jusqu'ici qu'à l'aide des moyennes on écartait les variations résultant de causes accidentelles, agissant tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Ce mode d'opérer est vrai en ce qui concerne ces causes; aussi met-on en évidence les variations diurnes et mensuelles; mais on n'écarte pas les effets de causes permanentes, variables dans leur intensité seulement, suivant la nature du sol et suivant l'état du ciel, effets qu'on a négligés jusqu'ici, et qui affectent les températures diurnes, mensuelles et annuelles, et par suite celle du lieu, qui en dérive.

Cette question qui intéresse la physique terrestre a déjà été l'objet d'une discussion dans le sein de l'Académie, il y a quelques années; des opinions diverses ont été mises en avant: il serait bien à désirer que ceux de nos confrères qui y ont pris part voulussent bien faire connaître leurs observations, afin d'arriver plus promptement à sa solution. En attendant, je rapporterai le résultat de dix mille observations que j'ai faites depuis deux ans dans ce but. On sait depuis longtemps qu'en s'élevant au-dessus du sol la température de l'air diminue suivant une loi qui varie avec la latitude et diverses causes locales. On admet en moyenne sur le globe un abaissement de 1° par 180^{m}. Cette diminution ne se mani-

feste toutefois qu'à une certaine hauteur, car, lorsque le ciel est clair pendant la nuit, et même quelquefois dans le jour, on observe un accroissement de température jusqu'à une certaine hauteur, qui est dû au refroidissement du sol, lequel réagit sur la température de l'air ambiant, d'autant plus que la couche d'air en est plus rapprochée : l'effet est donc le même que si la température croissait avec la hauteur. Cet accroissement est signalé depuis plus de quatre-vingts ans, par des recherches qui ont été faites par Pictet, Six, Wells, MM. Marcet, Bravais et Lottin, Plantamour, Martins, qui a publié récemment un intéressant travail sur ce sujet; je l'ai étudié moi-même depuis 1859 à l'aide du thermomètre électrique que j'ai construit à cet effet, pour déterminer l'influence qu'exerce le sol sur la température des couches d'air inférieures. Ces recherches ont eu pour but d'établir que par l'effet du rayonnement nocturne la température de l'air est croissante dans les couches inférieures jusqu'à une certaine hauteur, qui peut aller jusqu'à trente et cinquante mètres, suivant les observations que je viens de citer, et que des effets contraires sont produits pendant une partie du jour. Les miennes présentent des différences quant aux observations faites dans le jour.

Pictet, en 1778 (*Essai de physique*, t. Ier, p. 171), avait élevé à Genève deux mâts, l'un de $16^{m},242$, l'autre de $24^{m},362$, portant à leur extrémité une potence horizontale pourvue d'une poulie servant à descendre et à monter un thermomètre. D'autres thermomètres étaient suspendus au moyen de cordons de soie tendus horizontalement depuis 9 millimètres au-dessus du sol jusqu'à $1^{m},95$. Il s'était assuré, par des expériences préalables, que la descente, qui n'exigeait

pas plus de cinq à six secondes, n'affectait pas sensiblement les indications des thermomètres. Il observa les faits suivants :

Au coucher du soleil, le thermomètre à $24^m,362$ indiquait une température supérieure à celle du thermomètre placé à $16^m,242$. Durant la nuit, la différence ne changeait pas. Après le lever du soleil, la marche des deux instruments tendait à se rapprocher. Deux heures après, elle était la même. Dans le cours de la journée, elle était inverse. *Cette marche était invariable* dans les diverses saisons, si ce n'est quand le temps était couvert ou que le vent était violent.

Pictet observa les mêmes effets au sommet du môle, à 1866 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Six (*Experiments on local heat*, *in Philos. trans.*, t. LXXVIII), en 1786, fit des observations semblables à Cantorbery, avec un thermomètre placé dans son jardin, à $2^m,74$ au-dessus du sol, et un autre sur la plate-forme de la tour de la cathédrale, à $60^m, 96$. Il trouva que, dans les nuits brumeuses, le thermomètre inférieur était plus élevé de 1/2 degré à 1° centigrade que le thermomètre supérieur. Le contraire avait lieu dans les nuits sereines ; la différence s'élevait quelquefois à 4°,4 centigrades.

Wells (*Essai sur la rosée*, traduct. de l'anglais) ayant placé des thermomètres à diverses hauteurs au-dessus du sol, trouva des différences de 5 à 6° entre le thermomètre en contact avec le sol et celui qui se trouvait à $1^m, 21$.

M. Marcet éleva à Genève, en 1837, au milieu d'un pré, un mât de $37^m,027$; de dix mètres en dix mètres il avait fixé des tiges horizontales, auxquelles étaient suspendus des thermomètres dont les réservoirs étaient entourés de

coton, afin qu'ils ne se refroidissent pas sensiblement en les descendant rapidement. Il constata les faits suivants :

1° L'accroissement de température avec la hauteur est d'autant plus considérable, que le temps est plus clair et plus calme et que l'air contient moins de vapeur; dans la belle saison il est de 2 à 3°, et rarement plus.

2° Il y a toujours un accroissement de température, quoique très-faible à la vérité, sauf le cas où le vent est violent.

Quand le temps est couvert, il arrive quelquefois que la température des différentes couches de l'atmosphère est la même quelques heures après le coucher du soleil.

3° Lorsque le temps est clair et serein, l'accroissement commence à se faire sentir une demi-heure ou une heure avant le coucher du soleil; si le temps est couvert, il ne devient sensible qu'au coucher du soleil; par un temps serein, le maximum d'accroissement a lieu à l'époque du coucher du soleil; la limite de l'accroissement dépasse 36 mètres; ordinairement elle est comprise entre 30 et 35 mètres.

4° En hiver, l'accroissement est beaucoup plus considérable que dans les autres saisons; il arrive quelquefois que, lorsque la terre est couverte de neige, la différence est de 8° pour une hauteur de 17 mètres; quand il n'y a pas de neige, la différence est moindre, mais plus forte que celle trouvée en été et en automne; en hiver, le temps étant couvert, la différence entre la température des couches successives de l'atmosphère, ainsi que celle des couches qui sont très-voisines de la terre, est très-faible, même quand il y a de la neige; au delà de 16 mètres, les effets sont en sens contraire.

Dans l'hiver de 1838 à 1839, MM. Bravais et Lottin, à Bossekop en Laponie, enlevèrent, pendant la longue nuit de

quatre-vingts jours de ces contrées, des cerfs-volants et des ballons captifs portant des thermométrographes et des thermomètres à déversement. Toutes les précautions avaient été prises pour éviter les causes d'erreur. Sur trente-six expériences faites du 25 octobre 1838 au 22 mai 1839 (*Voyage en Scandinavie et au Spitzberg*, météorologie, t. III, p. 94), il y en eut dix-sept dans la période de nuit complète; durant les autres jours, le soleil n'était élevé que de quelques degrés au-dessus de l'horizon, de sorte que l'on se trouvait sensiblement dans les mêmes conditions qu'en observant dans nos contrées au lever et au coucher du soleil, comme l'ont fait Pictet et M. Marcet. Les résultats ont été les mêmes que pendant la nuit.

Les ballons ont été lancés à des hauteurs variant de 40 à 450 mètres; la hauteur moyenne était de 50 mètres, à cinq exceptions près où l'inverse a eu lieu; la température a été trouvée plus élevée dans les couches supérieures que dans les couches inférieures. Jusqu'à 50 mètres, l'accroissement le plus rapide a été de 0°,12 par mètre. La transparence de l'air favorisait la production du phénomène; néanmoins les excès les plus marqués avaient lieu sous un ciel vaporeux.

MM. Bravais et Lottin ont étudié aussi l'influence des vents qui soufflent en hiver, notamment des vents du sud-ouest et de l'est-sud-est; le premier est plus chaud que l'autre. Par le vent du sud, il y avait un faible décroissement de 0°,007 par mètre. Par celui d'est-sud-est, il était de 0°,033 par mètre en hiver.

« M. Quetelet, de 1838 à 1842, a fait aussi des observations dans le but de connaître la différence entre les températures

moyennes de l'air au nord à la surface du sol et à 3m,30 au-dessus; il a trouvé en premier lieu 8°,14, en second lieu 9°,78 : différence 1°,64.

« Les maxima moyens absolus ont été

à la station inférieure		14°63
à la station supérieure..		18,97

« Les minima moyens absolus ont donné

à la station inférieure	+	3,30
à la station supérieure..	—	0,24

« Les minima moyens absolus font donc exception à la règle générale. M. Quetelet attribue cette différence aux mois de gelée, dont les minima à 9 heures du matin, instant où la température est à peu près la moyenne du jour, sont beaucoup plus prononcés dans l'air qu'à la surface; cette différence, suivant lui, tiendrait à des causes locales.

M. Plantamour (*bibliothèque de Genève*), en 1847, a tiré les conséquences suivantes d'observations simultanées faites à 1m,37 et à 17 mètres au-dessus du sol : à 9 heures du matin, midi, 3, 6, 8 et 9 heures du soir; en été, par un temps clair, la température est notablement plus élevée le soir à la station supérieure que dans le voisinage du sol; par un temps couvert, la différence est moindre. En prenant la moyenne de la journée, quel que soit l'état du ciel, il a trouvé que le soir, en été et en automne, la différence est de 0°,5; à midi elle est de 0°,25, mais en sens contraire pour le mois de juillet; pour les autres mois elle est plus faible. La plus grande différence négative a été de 1°,2 et la plus grande positive à 8 heures du soir, 2°,3.

Depuis trois ans, mes recherches électro-thermométriques

ont eu pour but non-seulement de déterminer la température intérieure des grands et petits végétaux, mais encore celle de l'air à $1^m,33$, 16 mètres et 21 mètres au-dessus du sol, loin et près des arbres. Les résultats que j'ai observés sont consignés dans les Mémoires de l'Académie des sciences (t. XXVI), et dans les extraits des Mémoires qui se trouvent dans les comptes-rendus de l'Académie. Le résumé des observations faites en 1861, et que j'exposerai plus loin, précisera nettement les faits qui concernent l'accroissement de la température avec la hauteur non-seulement pendant la nuit, mais encore pendant le jour. Avant de les exposer je rapporterai les principaux résultats obtenus par M. Martins, et qui sont consignés dans un Mémoire intéressant publié en 1861 (*Mémoires des sciences et lettres de Montpellier*, t. V) sur l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur, dans les couches inférieures de l'atmosphère, et dans lequel se trouvent les observations qu'il a faites depuis 1859, avec des thermomètres à minima placés aux stations suivantes :

1° Les thermomètres étaient échelonnés en hélice autour d'un mât de 6 mètres de haut. Le premier se trouvait à $0^m,5$ du sol ; le deuxième à 2 mètres ; le troisième à 4 mètres ; le dernier à 6 mètres. Enfin, en décembre, un cinquième thermomètre fut fixé au sommet d'un marronnier, à 13 mètres au-dessus du sol ;

2° A 2 mètres au-dessus de la plate-forme d'une tour appelée Tour des Pins, à $26^m,3$ au-dessus du sol, au pied du mât ;

3° Au haut de la tour sud-ouest de la cathédrale, à $49^m,4$ au-dessus du sol, qui portait le mât.

M. Martins observait donc avec six thermomètres à minima échelonnés depuis $0^m,05$ du sol jusqu'à $49^m,4$.

Entre ces limites, l'accroissement de température a été de 1° :

En hiver, pour	13ᵐ,9
Au printemps	13ᵐ,6
En été	11ᵐ,1
En automne	11ᵐ,1

Cet accroissement, suivant M. Martins, était très-rapide dans le voisinage du sol et diminuait en s'en éloignant.

En comparant les résultats obtenus à diverses hauteurs, en janvier et juillet, M. Martins a trouvé que l'accroissement a été rapide pendant ces deux mois, savoir de 1° par 12 mètres dans le premier, et de 1° par 10 mètres dans le deuxième.

La chaleur et le froid relatifs étaient sans influence notable sur ce phénomène.

Comme les observateurs qui l'ont précédé, il a reconnu que l'état du ciel exerce une grande influence sur le phénomène : l'accroissement de température est près de cinq fois plus fort par les nuits sereines que par les nuits couvertes, le sol se refroidissant plus quand le ciel est serein que lorsqu'il ne l'est pas.

En hiver, il y a deux grandes différences entre les nuits sereines et les nuits couvertes : la température est beaucoup plus basse dans les premières, fait déjà connu ; la température continue à croître avec la hauteur, à partir de 6 mètres environ ; dans les nuits couvertes, on n'observe rien de semblable.

En été, le ciel étant plus pur ou serein, le contraste est plus grand encore.

Le phénomène se produit d'autant mieux que l'air est

plus calme; dans le cas contraire, comme le fait remarquer M. Martins, le vent, mélangeant toutes les couches d'air, rend la température uniforme. L'influence de la hauteur se fait sentir, quelles que soient les parties sur lesquelles les thermomètres à minima sont fixés : ainsi des observations simultanées faites à hauteur égale, l'une sur la Tour des Pins, l'autre sur une colline, ont donné les mêmes résultats.

On voit donc, d'après tout ce qui précède, que les observations de température faites dans les couches inférieures de l'atmosphère indiquent un accroissement de température chaque jour au lever et au coucher du soleil, et même durant toute la nuit. Pendant le jour elle est ordinairement décroissante ; ce n'est pas là toutefois une règle générale, mais bien un cas particulier, comme on le verra plus loin. Il suit de là que lorsque les lieux d'observation ne sont pas à la même hauteur au-dessus du sol, leurs températures diurnes ne sont plus comparables.

M. Marcet avait observé que, dans les nuits couvertes, la limite supérieure de l'accroissement était de 35 mètres; dans les nuits sereines, on la portait à 60 mètres. M. Martins assigne à cette limite 50 mètres, même dans la plupart des nuits couvertes. Cette limite, au surplus, doit varier avec la nature du sol et son altitude ; il n'est donc pas étonnant que tous les observateurs n'aient pas trouvé les mêmes limites.

M. Martins a cherché enfin comment variait la moyenne annuelle à deux stations d'inégale hauteur.

ANNÉE 1859.	FACULTÉ DES SCIENCES de Montpellier. ALTITUDE 59m,5.		JARDIN DES PLANTES de Montpellier. ALTITUDE 29m,5.		DIFFÉRENCE DES	
	Minima.	Maxima.	Minima.	Maxima.	Minima.	Maxima.
Moyennes.	10°,44	19°,75	7°,45	20°,70	3°,01	+ 0°,95
	Température moyenne.		Température moyenne.			
	15°,09		14°,07			

Les températures moyennes déduites des maxima et des minima diffèrent aux deux stations de 1°,02; ainsi, pour une différence de 30 mètres dans les altitudes, la station la plus haute a donné la température la plus élevée; les deux stations n'étaient éloignées l'une de l'autre que de 460 mètres. Cette différence, comme l'observe M. Martins, correspond à une différence en latitude de 2°,40′.

M. Marcet avait reconnu que l'accroissement le plus rapide en hiver était de 0°,19 par mètre jusqu'à 34 mètres; il a constaté en outre un accroissement presque aussi rapide à deux reprises, en janvier et février. Une moyenne de vingt nuits avait donné à M. Marcet une différence de 3°,45 pour 32 mètres; M. Martins a trouvé pour la même hauteur 4°,36, dans les nuits sereines des hivers.

A Bossekop, MM. Bravais et Lottin ont trouvé, dans les limites de 50 mètres, que l'accroissement le plus rapide a été de 0m,12 par mètre; ce nombre est à peu près l'accroissement moyen obtenu à Montpellier, dans les nuits sereines.

Sous le point de vue thermique, dit M. Martins, « l'état

« de l'atmosphère est essentiellement variable et changeant.
« Pendant le jour, le décroissement à partir du sol est la
« règle; mais la rapidité de ce décroissement varie suivant
« les mois, les heures, l'état du ciel et la direction des vents.
« Il y a quelquefois des interversions à des hauteurs consi-
« dérables; ainsi, quand on consulte les séries météorolo-
« giques de Genève et de l'hospice du Saint-Bernard, élevé
« de 2070 mètres au-dessus de l'observatoire de cette ville,
« on reconnaît qu'il y a, surtout en hiver, des jours et
« même des séries de jours pendant lesquels il fait plus
« chaud à l'hospice qu'à Genève, c'est-à-dire à 2,477 mètres
« qu'à 407 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cela tient
« à l'interposition d'une couche de nuages inférieurs à
« 2,400 mètres, qui empêchent les rayons solaires d'échauffer
« les bords du lac Léman. »

M. Martins ajoute que les moyennes annuelles n'ont qu'un intérêt scientifique, et je ne partage pas tout à fait son opinion à cet égard, et qu'il faut s'attacher, en météorologie comparée, aux extrêmes qui les ont données; que l'altitude au-dessus du niveau de la mer et au-dessus du sol altère sensiblement la valeur des minima; que sous ce rapport on ne peut comparer les degrés thermométriques obtenus dans des observatoires situés dans une vallée ou sur une éminence, au rez-de-chaussée ou sur une tour, dans une rue ou en pleine campagne, au nord ou au sud d'une colline; que, dans des circonstances semblables, les indications du minima diffèrent quelquefois de 8°. D'après l'exposé qui précède, M. Martins conclut que : « si l'on veut comparer la tempéra-
« ture de deux stations éloignées, il ne faut jamais choisir les
« heures du matin et du soir. Imaginez, en effet, un obser-

« vateur dans les hautes latitudes qui consulte son ther-
« mètre, à huit heures du matin, en hiver. Si le soleil n'est
« pas levé, s'il se lève ou s'il vient de se lever, il constate
« une certaine température d'autant plus haute que son
« instrument est plus élevé au-dessus de la plaine ou de la
« vallée. Le météorologiste placé sous une latitude plus
« basse regarde également son thermomètre à huit heures
« du matin; mais pour lui le soleil est levé depuis long-
« temps; il y a décroissement de la température avec la
« hauteur, et, suivant que son observatoire sera plus ou
« moins élevé au-dessus du sol, il constatera une tempéra-
« ture plus ou moins basse, précisément le contraire de son
« correspondant polaire. En été, les différences seront en
« sens contraire. Rien n'est donc comparable dans les
« chiffres météorologiques publiés par *le Moniteur* et les
« autres journaux politiques, parce que la position des ins-
« truments ne l'est pas, et qu'on les observe au milieu de
« circonstances physiques complétement différentes et même
« opposées. En outre, les heures choisies, sept et huit
« heures du matin, sont précisément des heures critiques
« qu'il aurait fallu éviter. Les deux seules comparables sont
« midi et minuit: l'une est le milieu du jour, l'autre est le
« milieu de la nuit sur tous les points du globe. Les condi-
« tions physiques et atmosphériques qui influent sur la
« température de l'air sont aussi semblables que possible.
« Dans tous les pays situés en deçà du cercle polaire, le
« soleil, à cette heure, se trouve au-dessus de l'horizon, il
« passe au méridien du lieu et la température sera décrois-
« sante avec la hauteur, à partir du sol, excepté aux environs
« du solstice d'hiver, où les effets thermiques du soleil,

« élevé seulement d'un petit nombre de degrés au-dessus de « l'horizon, seront analogues à ceux de l'astre au moment de « son lever ou de son coucher dans les latitudes moyennes. »

M. Martins n'envisage ici la question de la température de l'air que sous le rapport des minima, tandis que je la considère sous un point de vue plus général, celui de la température moyenne déduite d'observations diurnes. Nos conclusions ne sont pas exactement les mêmes, comme on le verra plus loin.

Voici le résumé des observations que j'ai faites pour étudier le même sujet, et dans le but d'arriver à la température exacte moyenne d'un lieu, en m'appuyant sur les observations faites du 1er décembre 1860 au 1er décembre 1861, c'est-à-dire dans le cours de l'année météorologique de 1861.

Les tableaux suivants ont été composés avec les observations consignées dans les tableaux du premier Mémoire qui fait partie du volume précédent et dans les tableaux qui précèdent; les nombres toutefois ne sont pas les mêmes, attendu qu'on a fait les corrections relatives au déplacement du zéro dans les thermomètres fonctionnant seuls ou concurremment avec les thermomètres électriques. Le 1er janvier dernier, j'ai reconnu que le zéro du thermomètre fonctionnant avec les thermomètres électriques était remonté de $0^{\circ},3$, et celui des thermomètres placés au nord et au midi, de $0^{\circ},2$. Les degrés observés ont donc dû être diminués de $0^{\circ},3$ et de $0^{\circ},2$.

Nous rappellerons que N désigne la température de l'air au nord; *m* celle au midi; A la température à 16 mètres au-dessus du sol, et 6 mètres au-dessus du grand amphithéâtre du Jardin des Plantes; et M la température à 21 mètres au sommet d'un marronnier.

TABLEAU I. — RELEVÉ DES TEMPÉRATURES AUX QUATRE STATIONS PENDANT L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE DE 1861.

MOIS.	N TEMPÉRAT. de l'air au nord à $1^m,33$ au-dessus du sol.	m TEMPÉRAT. de l'air au midi à $1^m,33$ au-dessus du sol.	A TEMPÉRAT. de l'air à 16^m au-dessus du sol, 6^m au-dessus de l'amphit. du Jardin des Plantes.	M TEMPÉRAT. de l'air à 21^m au-dessus du sol au sommet d'un marronnier.	B DIFFÉRENCE entre les températures. m — N	C DIFFÉRENCE entre les températures. A — N	D DIFFÉRENCE entre les températures. M — N	E DIFFÉRENCE entre les températures. m — A	F DIFFÉRENCE entre les températures. m — M	G DIFFÉRENCE entre les températures. M — A
Décembre 1860.	3°54	4°22	3°51	3°69	0°68	— 0°03	0°15	0°71	0°71	0°18
Janvier 1861...	— 0,75	— 0,99	— 0,44	— 0,38	— 0,24	+ 0,31	0,37	— 0,55	— 0,61	0,06
Février......	6,01	6,59	6,37	6,63	0,58	0,36	0,62	0,22	— 0,04	0,26
Mars........	8,96	11,58	9,46	9,62	2,62	0,50	0,66	2,12	1,96	0,16
Avril........	11,00	15,58	11,88	12,28	5,58	0,88	1,28	3,70	3,30	0,40
Mai.........	15,05	19,29	15,61	16,22	4,24	0,56	1,17	3,68	3,07	0,61
Juin.........	19,71	23,29	20,50	21,38	3,58	0,79	1,67	2,79	1,91	0,88
Juillet.......	18,20	21,82	20,10	20,10	3,62	1,90	2,11	1,72	1,72	0,00
Août........	22,15	26,79	23,68	24,20	4,64	1,53	2,05	3,11	2,59	0,32
Septembre.....	16,91	19,56	18,08	18,60	2,65	1,17	1,69	1,48	0,96	0,52
Octobre......	13,52	15,87	14,73	14,89	2,35	0,91	1,37	1,44	0,98	0,46
Novembre.....	6,49	7,15	7,41	7,63	0,66	0,92	1,14	— 0,26	— 0,48	0,22
Moyennes...	11,72	14,23	12,55	12,90	2,58	+ 0,83	+ 1,19	1,69	1,34	0,35

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que la température moyenne observée au nord avec un thermomètre à mercure, comme on le fait ordinairement, a été, pour l'année météorologique de 1861, de 11°,72, et celles de l'air, observées avec le thermomètre électrique, à 16 mètres et à 21 mètres au-dessus du sol, de 12°,54 et 12°,95. On voit par là que, pour des différences de niveau égales à environ $14^m,66$ et $19^m,66$, on a eu des différences de température égales à 0°,82 et 1°,19 ; soit, dans le premier cas, un accroissement de 0°,056 par mètre; dans le deuxième, 0°,059; la différence 0°,003 est tout à fait insignifiante.

M. Martins avait trouvé, comme on l'a vu précédemment, pour une différence de niveau égale à 30 mètres, un accroissement de température de 1°,03, soit 0°,031, ce qui indique un accroissement un peu moins rapide. Cet accroissement est toutefois du même ordre de grandeur et met bien en évidence un fait signalé depuis quatre-vingts ans, et qui n'a pas encore été pris en considération dans la discussion des observations de température de l'air faites à 1 ou 2 mètres au-dessus du sol.

Le thermomètre électrique placé à 21^m étant en contact avec le sommet d'un marronnier, participe nécessairement aux variations de température de l'arbre, qui possède un grand pouvoir émissif et absorbant, surtout lorsqu'il est couvert de feuilles. Cette condition ne change pas toutefois sensiblement la loi de l'accroissement moyen de température de l'air, depuis $1^m,33$ jusqu'à 25^m, puisqu'elle est la même que celle trouvée jusqu'à 16^m.

Il faut dire aussi que le thermomètre électrique est plus propre que tout autre instrument thermométrique à ce genre

de recherches : le thermomètre à mercure, dont le réservoir est entouré de laine ou de coton pour éviter les variations de température en le descendant d'une station supérieure pour lire les degrés, ne donne pas toujours des indications très-exactes. Les thermomètres à minima, dont j'ai fait moi-même usage, exigent que l'on observe sur place, en les maintenant dans une position parfaitement horizontale, car le moindre mouvement peut déranger l'index et occasionner des erreurs graves qui conduisent à des conséquences erronées.

Les moyennes mensuelles et annuelles déduites de mes observations s'accordent avec celles que M. Martins a obtenues avec les thermomètres à maxima et à minima, placés à diverses hauteurs au-dessus du sol, ou du moins sont du même ordre de grandeur. Il n'en est pas de même des observations faites dans le cours de la journée comparées aux miennes. En effet, M. Martins a trouvé, avec tous les observateurs qui l'ont précédé, qu'en général un peu avant le coucher du soleil la température de l'air commence à croître avec la hauteur et continue jusqu'à 35 à 50 mètres, pendant toute la nuit; qu'au milieu du jour il se produit un effet inverse. Mes observations confirment le premier fait et non le second; pour expliquer ce désaccord, je présenterai d'abord le résumé des observations relatives à la température de l'air que j'ai faites en 1861 :

TABLEAU II. **RELEVÉ DES TEMPÉRATURES**

A 6 ET 9 HEURES DU MATIN.

DATE.	OBSERVATIONS A 6 HEURES DU MATIN.				OBSERVATIONS A 9 HEURES DU MATIN.			
	AU NORD. N	AU MIDI. *m*	A 16m au-dessus du sol. A	A 21m au-dessus du sol. M	AU NORD. N	AU MIDI. *m*	A 16m au-dessus du sol. A	A 21m au-dessus du sol. M
Décembre 1860.	»	»	»	»	2°94	4°16	3°23	3°23
Janvier 1861...	»	»	»	»	— 1,80	— 2,70	— 1,36	— 1,35
Février......	»	»	»	»	4,54	5,49	5,00	5,00
Mars........	»	»	»	»	7,89	11,68	8,38	8,46
Avril........	5°70	5°88	5°87	5°87	9,55	16,20	10,72	10,94
Mai.........	10,20	10,45	10,17	10,24	13,87	18,80	15,14	15,70
Juin.........	15,80	16,11	15,79	15,87	19,20	»	20,55	21,63
Juillet.......	15,20	15,40	15,30	15,50	15,60	»	19,50	19,40
Août........	15,32	15,60	15,40	16,00	20,53	24,80	22,32	22,80
Septembre....	11,32	11,54	11,74	11,43	15,73	»	17,71	18,02
Octobre......	9,15	9,33	9,16	9,23	12,23	»	13,15	13,50
Novembre.....	4,37	4,47	4,55	4,55	5,72	»	6,31	6,38
Moyennes..	10,88	11,09	11,00	11,08	10,50	»	11,72	11,98
	M — A = 0°,08 A — N = 0°,12 M — N = 0°,20				M — A = 0°,26 A — N = 1°,22 M — N = 1°,48			

…UX QUATRE STATIONS.

3 ET 9 HEURES DU SOIR.

OBSERVATIONS A 3 HEURES DU SOIR.				OBSERVATIONS A 9 HEURES DU SOIR.			
AU NORD. N	AU MIDI. m	A 16m au-dessus du sol. A	A 21m au-dessus du sol. M	AU NORD. N	AU MIDI. m	A 16m au-dessus du sol. A	A 21m au-dessus du sol. M
4°30	4°50	4°10	4°84	3°40	4°00	3°26	3°50
0,77	0,70	1,36	1,79	— 1,70	— 1,40	— 1,33	— 1,10
7,80	8,80	8,52	8,80	5,70	5,50	5,60	5,86
11,15	15,16	11,91	12,16	7,74	8,60	8,10	8,34
13,90	21,00	15,41	16,30	9,56	9,56	9,61	9,79
18,17	23,43	18,43	19,70	13,10	14,69	13,36	13,58
22,32	»	23,33	24,63	17,60	»	17,66	17,87
22,00	»	13,50	23,90	17,00	»	17,30	17,00
26,21	34,21	28,51	29,26	19,72	19,31	20,33	20,54
20,27	»	21,36	22,29	14,73	»	15,57	15,50
16,80	»	18,21	18,99	11,52	»	11,97	12,20
8,52	»	9,63	9,87	5,33	»	6,28	6,65
14,35	»	15,35	16,04	10,31	»	10,64	10,82

M — A = 0°,69
A — N = 1°,00
M — N = 1°,69

M — A = 0°,18
A — N = 0°,33
M — N = 0°,51

TABLEAU III.

TABLEAU DES TEMPÉRATURES MOYENNES AUX STATIONS

PENDANT CHACUNE DES QUATRE SAISONS.

9 HEURES DU MATIN.

SAISONS ET MOIS.		N	*m*	A	M
Hiver.	Décembre 1860. .	2°94	4°16	3°23	3°23
	Janvier 1861. . .	— 1,80	— 2,70	— 1,36	— 1,35
	Février..	4,54	5,49	5,00	5,00
	Moyennes. . .	1,89	2,32	2,29	2,29
		A — N = 0,40	*m* — N = 0,52	M — N = 0,40	M — A = 0,00
Printemps.	Mars..	7,89	11,68	8,3[illegible]	8,46
	Avril..	9,55	16,20	10,72	10,94
	Mai.	13,87	19,00	15,14	15,70
	Moyennes. . .	10,44	15,63	11,41	11,70
		A — N = 0,97	*m* — N = 5,19	M — N = 1,26	M — A = 0,29
Été	Juin.	19,20	24,34	20,55	21,63
	Juillet.	15,60	22,20	19,50	19,40
	Août.	20,53	27,97	22,32	22,80
	Moyennes. . .	18,44	24,84	20,79	21,28
		A — N = 2,35	*m* — N = 6,40	M — N = 2,84	M — A = 0,49
Automne.	Septembre. . . .	15,73	21,69	17,71	18,02
	Octobre.	12,23	14,46	13,15	13,50
	Novembre. . . .	5,72	6,29	6,31	6,38
	Moyennes. . .	11,23	14,15	12,39	12,63
		A — N = 1,16	*m* — N = 2,92	M — N = 1,40	M — A = 0,24

TABLEAU IV.

TABLEAU DES TEMPÉRATURES MOYENNES AUX STATIONS

PENDANT CHACUNE DES QUATRE SAISONS.

3 HEURES DU SOIR.

SAISONS ET MOIS.	N	*m*	A	M
Hiver. Décembre 1860. .	4°30	4°50	4°10	4°84
Hiver. Janvier 1861. . .	0,77	0,70	1,36	1,79
Hiver. Février.	7,80	8,80	8,50	8,80
Moyennes. . .	4,29	4.70	4,65	5,14
	A — N = 0,36	*m* — N = 0,50	M — N = 0,85	M — A = 0,49
Printemps. Mars.	11,15	15,16	11,91	12,16
Printemps. Avril	13,90	21,00	15,41	16,30
Printemps. Mai.	18,17	23,43	18,43	19,70
Moyennes. . .	14,41	19,86	15,25	16,05
	A — N = 0,84	*m* — N = 5,45	M — N = 1,64	M — A = 0,80
Été. Juin.	22,32	27,76	23,33	24,63
Été. Juillet.	22,00	26,80	23,50	23,90
Été. Août.	26,21	31,1	28,51	29,26
Moyennes. . .	23,51	28,55	25,11	25,93
	A — N = 1,60	*m* — N = 5,04	M — N = 2,42	M — A = 0,82
Automne. Septembre	20,27	25,48	21,36	22,29
Automne. Octobre	16,80	20,93	18,21	18,99
Automne. Novembre	8,52	9,27	9,63	9,87
Moyennes. . .	15,19	18,56	16,40	17,05
	A — N = 1,21	*m* — N = 3,41	M — N = 1,86	M — A = 0,65

TABLEAU V.

TABLEAU DES TEMPÉRATURES MOYENNES AUX STATIONS

PENDANT CHACUNE DES QUATRE SAISONS

9 HEURES DU SOIR.				
SAISONS ET MOIS.	N	*m*	A	M
Hiver. Décembre 1860. .	3°40	4°	3°26	3°50
Hiver. Janvier 1861. . .	— 1,70	— 1,4	— 1,33	— 1,10
Hiver. Février.	5,70	5,5	5,60	5,86
Moyennes. . .	2,47	2,7	2,51	2,75
	A — N = 0,04	*m* — N = 0,23	M — N = 0,28	M — A = 0,24
Printemps. Mars.	7,74	8,6	8,10	8,34
Printemps. Avril.	9,56	9,56	9,61	9,79
Printemps. Mai.	13,10	14,69	13,36	13,58
Moyennes. . .	10,13	10,95	10,36	10,57
	A — N = 0,23	*m* — N = 0,83	M — N = 0,44	M — A = 0,21
Été. Juin.	17,60	17,77	17,66	17,87
Été. Juillet.	17,00	17,10	17,30	17,00
Été. Août.	19,72	19,30	20,33	20,54
Moyennes. . .	18,11	18,06	18,43	18,47
	A — N = 0,32	*m* — N = 0,05	M — N = 0,36	M — A = 0,04
Automne. Septembre. . . .	14,73	11,53	15,57	15,60
Automne. Octobre.	11,52	12,23	11,97	12,20
Automne. Novembre. . . .	5,33	5,89	6,28	6,65
Moyennes. . .	10,53	9,88	11,27	11,45
	A — N = 0,74	*m* — N = 0,65	M — N = 0,94	M — A = 0,20

Les résultats précédents peuvent être disposés comme il suit pour mieux faire ressortir leurs rapports réciproques.

TABLEAU VI.

9 HEURES DU MATIN.			
Hiver.	A — N = 0°40	M — N = 0°40	M — A = 0°00
Printemps.	A — N = 0,97	M — N = 1,26	M — A = 0,29
Été.	A — N = 2,35	M — N = 2,84	M — A = 0,49
Automne.	A — N = 1,16	M — N = 1,40	M — A = 0,24
Moyennes.	A — N = 1,22	M — N = 1,47	M — A = 0,25
3 HEURES DU SOIR.			
Hiver.	A — N = 0,36	M — N = 0,85	M — A = 0,49
Printemps.	A — N = 0,84	M — N = 1,64	M — A = 0,80
Été.	A — N = 1,60	M — N = 2,42	M — A = 0,82
Automne.	A — N = 1,21	M — N = 1,86	M — A = 0,65
Moyennes.	A — N = 1,00	M — N = 1,69	M — A = 0,69
9 HEURES DU SOIR.			
Hiver.	A — N = 0,04	M — N = 0,28	M — A = 0,24
Printemps.	A — N = 0,23	M — N = 0,44	M — A = 0,21
Été.	A — N = 0,32	M — N = 0,36	M — A = 0,04
Automne.	A — N = 0,74	M — N = 0,94	M — A = 0,20
Moyennes	A — N = 0,32	M — N = 0,50	M — A = 0,17

TABLEAU VII.

OBSERVATIONS MOYENNES AUX TROIS STATIONS

PAR LES JOURS DE SOLEIL.

9 HEURES DU MATIN.				3 HEURES DU SOIR.			
DATE	A	M	N	DATE.	A	M	N
Juin.				Juin.			
12	23°5	25°2	20°4	13	27°0	29°5.	26°2
13	25,1	28,0	21,2	14	29,9	33,2	28,8
14	27,5	30,2	27,6	16	29,5	34,2	27,0
15	27,3	30,1	24,0	17	28,6	31,3	27,6
17	22,4	22,7	21,2	18	30,5	33,2	29,4
18	25,5	27,6	24,3	19	30,6	32,5	28,3
19	27,2	27,9	24,6	20	31,2	32,7	30,8
20	26,2	27,7	23,4	21	29,3	30,0	29,2
25	20,7	20,9	20,0	27	26,1	27,5	22,2
28	20,2	19,5	18,4				
Moyenne...	24,56	25,99	22,51	Moyenne...	29,20	31,56	27,72
Juillet.				Juillet.			
1	20,9	20,6	17,8	3	21,5	21,7	21,0
12	25,1	27,0	22,1	16	22,9	23,1	22,3
20	20,9	22,5	19,6	19	25,5	26,1	23,0
29	24,6	25,5	19,7	20	25,1	25,4	23,4
				22	26,1	28,2	24,3
				23	24,9	25,1	22,5
				25	29,5	31,2	27,0
				28	28,2	30,3	24,1
				30	27,0	27,7	23,5
Moyenne...	22,8	23,9	19,8	Moyenne...	25,63	26,53	23,45

TABLEAU VIII.

OBSERVATIONS MOYENNES AUX TROIS STATIONS

PAR LES JOURS DE SOLEIL.

9 HEURES DU MATIN.				3 HEURES DU SOIR.			
DATE.	A	M	N	DATE.	A	M	N
Août.				Août.			
1	26°1	27°5	20,9	1	29°1	30°4	25°4
2	26,2	28,9	22,6	2	31,2	32,6	28,5
4	22,2	23,3	20,0	4	28,7	29,7	25,5
5	26,9	27,5	22,9	5	32,9	34,2	30,3
6	22,0	21,8	20,2	6	28,3	28,2	25,0
7	24,2	25,4	21,3	7	31,2	33,5	28,5
11	25,6	26,9	23,2	10	26,6	26,2	24,3
12	30,2	32,5	26,2	11	33,9	25,7	29,6
14	27,0	29,3	22,7	12	37,5	30,7	33,4
15	27,6	28,0	25,6	14	32,3	34,0	28,7
17	19,3	19,5	18,3	15	34,9	37,1	31,4
18	23,2	25,0	21,2	17	24,0	24,4	22,7
21	18,4	19,2	17,0	18	22,2	30,9	25,8
22	20,0	19,5	17,2	22	25,5	25,4	22,7
28	23,1	23,9	19,8	27	27,3	26,9	23,7
29	19,2	19,5	19,4	28	31,1	33,0	27,4
				29	25,6	26,2	25,2
				30	23,9	25,0	23,4
				31	27,1	28,2	23,6
Moyenne...	23,82	24,85	21,16	Moyenne...	29,46	30,6	26,56
Septembre.				Septembre.			
1	24,2	25,9	19,1	1	32,0	35,2	26,5
2	24,5	26,7	20,3	2	33,4	36,1	29,4
6	24,5	26,2	21,2	3	29,1	31,6	27,3
13	21,5	21,7	17,0	4	24,6	26,7	24,1
19	15,9	16,7	13,6	12	22,9	25,1	21,4
20	19,0	19,8	14,2	19	22,4	25,6	19,4
26	14,2	13,7	12,9	25	20,7	21,5	18,1
30	21,1	23,5	16,4	27	17,0	18,1	16,6
				28	18,1	19,3	18,7
Moyenne...	20,5	21,77	16,8	Moyenne...	24,45	26,45	22,4

TABLEAU IX.

OBSERVATIONS MOYENNES AUX TROIS STATIONS

PAR LES JOURS DE SOLEIL.

9 HEURES DU MATIN.				3 HEURES DU SOIR.			
DATE.	A	M	N	DATE.	A	M	N
Octobre.				Octobre.			
1	19°2	19°5	17°4	2	23°6	24°5	21°4
2	22,1	22,9	19,0	4	24,0	24,7	20,3
6	19,4	21,7	17,1	5	37,2	28,1	22,7
14	14,3	15,0	11,6	6	28,0	29,7	24,8
15	15,2	15,5	12,2	7	25,1	26,5	21,5
19	12,2	12,2	8,5	10	26,2	27,5	23,3
				13	21,2	22,7	19,5
				14	25,7	25,0	21,0
				15	23,2	23,0	19,8
				18	13,7	14,0	13,4
				19	17,6	18,2	16,5
				20	17,1	17,9	16,1
				21	20,2	20,3	19,2
				23	15,1	15,8	14,0
				24	16,5	17,3	15,8
				25	15,3	15,9	15,1
				26	13,8	14,1	11,5
Moyenne...	17,06	18,0	14,3	Moyenne...	20,67	21,55	18,70
Novembre.				Novembre.			
11	9,0	9,2	7,6	17	14,5	14,7	10,6
14	8,2	8,5	7,3	19	3,9	4,0	1,8
17	3,6	3,7	1,5	20	4,0	4,1	1,2
19	— 0,5	— 0,5	— 1,3	21	10,2	10,3	8,1
20	— 2,2	— 2,2	— 4,4				
31	1,5	1,7	0,0				
Moyenne...	3,05	3,18	1,6	Moyenne...	8,15	8,3	5,70

TABLEAU X.

DIFFÉRENCES ENTRE LES TEMPÉRATURES MENSUELLES

AUX TROIS STATIONS

PENDANT LES JOURS DE SOLEIL ET LES JOURS COUVERTS.

MOIS.	9 HEURES DU MATIN.						3 HEURES DU SOIR.					
	A — N		M — N		M — A		A — N		M — N		M — A	
	Jours de soleil.	Jours couverts.	Jours de soleil.	Jours couverts.	Jours de soleil.	Jours couverts.	Jours de soleil.	Jours couverts.	Jours de soleil.	Jours couverts.	Jours de soleil.	Jours couverts.
Juin. . . .	2°34	0°85	3°27	1°76	1°43	0°91	1°04	0°82	3°39	1°61	2°35	0°79
Juillet. . . .	3,10	4,32	4,20	4,00	1,00	— 0,32	1,91	1,22	2,90	1,42	0,99	0,22
Août	2,70	0,08	3,71	0,82	1,01	0,14	3,10	1,34	4,21	1,47	1,14	1,34
Septembre. .	3,70	0,98	4,97	1,40	1,27	0,42	2,05	0,66	4,05	1,14	2,00	0,48
Octobre. . .	2,76	0,88	2,70	1,13	0,94	0,25	1,97	0,67	2,85	0,52	1,12	0,15
Novembre. .	1,46	1,04	1,58	1,11	0,30	0,07	2,45	0,90	2,60	1,14	0,15	0,24
Moyennes.	2,67	1,36	3,40	1,70	0,99	0,24	2,08	0,93	3,34	1,22	1,29	0,53

TABLEAU XI.

DIFFÉRENCES ENTRE LES TEMPÉRATURES PAR SAISON.

SAISONS.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	A — N	M — N	M — A	A — N	M — N	M — A	A — N	M — N	M — A
Hiver.	0°40	0°40	0°	0°36	0°85	0°49	0°04	0°28	0°24
Printemps. . .	0,97	1,26	0,29	0,84	1,64	0,80	0,26	0,48	0,22
Été.	2,35	2,84	0,49	1,60	2,42	0,82	0,32	0,36	0,04
Automne. . .	1,16	1,40	0,24	1,21	1,86	0,65	0,74	0,94	0,20
Moyennes. .	1,22	1,47	0,25	1,00	1,69	0,69	0,34	0,51	0,17

Moyennes des jours où les températures ont été égales chaque jour.

A 9h du matin..... 7 jours
3h du soir....... 4,2 jours
9h du soir....... 14 jours

TABLEAU XII.

TEMPÉRATURES A 6 HEURES DU MATIN.

MOIS.	N	*m*	A	M
Avril 1861, du 11 au 30. . .	5°76	5°88	5°87	5°87
Mai.	10,20	10,45	10,17	10,24
Juin.	15,80	16,01	15,79	15,87
Juillet.	15,20	15,40	15,30	15,50
Août.	15,33	15,60	16,00	16,00
Septembre.	11,25	11,51	11,74	11,43
Octobre.	9,15	9,35	9,16	9,23
Novembre.	4,37	4,47	4,55	4,55
Décembre.	1,80	1,86	1,98	2,03
Moyennes.	9,87	10,06	10,06	10,08
Été. . { juin. . . . . . . ; juillet. . . . . . . ; août. . . . . . . }	15,44	15,67	15,69	15,79
Hiver { novembre. . . . . ; décembre. . . . . . ; janvier. . . . . . . }	1,60	1,60	1,51	1,52

TABLEAU XIII. TEMPÉRATURES MOYENNES

PENDANT LES JOURS DE GELÉE DE L'HIVER DE 1861 A 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.				3 HEURES DU SOIR.				9 HEURES DU SOIR.			
	A	M	N	ÉTAT DU CIEL.	A	M	N	ÉTAT DU CIEL.	A	M	N	ÉTAT DU CIEL.
Novembre.												
18	0°,0	0°,0	— 0°,2	Couvert.	+ 2°,1	+ 2°,1	+ 1°,6	Couvert.	0°,0	— 0°,0	— 0°,4	Clair.
19	— 0,7	— 0,7	— 1,5	Soleil.	+ 4,2	+ 4,3	+ 2,0	Soleil.	— 2,3	— 2,3	— 2,6	Id.
20	— 2,5	— 2,5	— 4,6	Id.	+ 4,3	+ 4,4	+ 1,4	Soleil.	— 2,0	— 2,0	— 2,4	Id.
	— 1,07	— 1,07	— 2,1		+ 3,53	+ 3,60	+ 1,66		— 1,43	— 1,43	— 1,80	
Décembre.												
5	— 0,3	— 0,3	— 0,4	Pluie.	+ 6,5	+ 7,0	+ 4,9	Pluie.	+ 3,8	+ 4,0	+ 2,8	Clair.
21	— 1,7	— 1,7	— 1,9	Soleil.	+ 2,8	+ 2,3	+ 1,2	Soleil.	— 1,9	— 1,9	— 2,0	Id.
22	— 1,9	— 1,9	— 2,0	Id.	+ 0,6	+ 0,8	+ 0,3	Soleil.	— 2,4	— 2,4	— 2,6	»
23	— 1,2	— 1,1	— 1,5	»	+ 2,9	+ 3,2	+ 2,4	Couvert.	— 0,5	— 0,4	— 0,5	»
24	— 1,4	— 1,4	— 1,8	»	+ 3,0	+ 3,2	+ 3,2	Soleil.	— 0,4	— 0,4	— 0,6	»
25	— 1,6	— 1,5	— 1,9	»	+ 5,6	+ 6,2	+ 3,1	»	— 1,2	— 1,1	— 1,4	»
26	— 3,5	— 3,4	— 3,8	»	+ 2,4	+ 2,7	+ 1,5	»	— 1,8	— 1,8	— 2,2	»
27	— 2,7	— 2,5	— 3,6	»	+ 4,5	+ 4,9	+ 3,4	»	— 1,0	— 1,0	— 1,0	»
28	— 3,0	— 2,8	— 3,2	»	+ 2,8	+ 3,0	+ 2,1	»	— 2,7	— 2,7	— 2,9	»
29	— 4,7	— 4,7	— 4,7	»	— 2,3	— 2,1	— 2,8	»	— 3,8	— 3,8	— 3,8	»
30	— 5,7	— 5,6	— 5,6	Brouillard.	— 2,4	— 2,2	— 2,8	»	— 4,0	— 4,0	— 4,7	»
31	— 1,0	— 0,8	— 1,0	Id.	— 0,2	— 0,2	— 0,4	Couvert.	— 1,7	— 1,7	— 1,8	»
	— 2,38	— 2,31	— 2,62		+ 2,18	+ 2,40	+ 1,34		— 1,46	— 1,45	— 1,72	
Janvier.												
1	— 2,9	— 2,9	— 4,0	Couvert.	— 2,6	— 2,6	— 2,6	Couvert.	— 1,0	— 0,9	— 1,0	Couvert.
3	— 3,4	— 3,4	— 3,5	Soleil.	+ 0,8	+ 1,0	+ 0,2	Soleil.	— 3,1	— 3,1	— 3,4	Id.
16	— 0,2	— 0,2	— 0,4	Couvert.	— 0,3	— 0,2	— 0,3	Couvert.	— 1,9	— 1,9	— 2,0	Id.
17	— 5,4	— 5,4	— 5,8	Soleil.	— 3,2	— 3,1	— 3,9	Id.	— 5,0	— 5,0	— 5,1	Clair.
18	— 7,1	— 7,0	— 7,5	Nuageux.	— 2,7	— 2,6	— 4,2	Id.	— 5,9	— 5,9	— 6,2	Id.
19	— 7,9	— 7,9	— 9,2	Soleil.	— 5,2	— 5,2	— 5,4	Brouillard.	— 7,8	— 7,8	— 8,0	Id.
20	— 7,3	— 7,3	— 8,6	Id.	+ 0,4	+ 0,5	— 1,3	Soleil.	— 3,6	— 3,6	— 3,8	Nuageux.
28	— 0,3	— 0,3	— 0,5	Couvert.	+ 5,4	+ 5,6	+ 4,8	Couvert.	+ 3,0	+ 3,0	+ 2,7	Clair.
	— 4,3	— 4,3	— 4,8		— 0,92	— 0,95	— 1,6		— 3,14	— 3,15	— 3,23	

TABLEAU XIV. TEMPÉRATURES MOYENNES

DES JOURS DE GELÉE DURANT L'HIVER DE 1861 A 1862.

MOIS.	9 HEURES DU MATIN			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	A	M	N	A	M	N	A	M	N
Novembre 1861.	— 1°07	— 1°07	— 2°10	+ 3°53	+ 3°60	+ 1°73	— 1°43	— 1°43	— 1°80
Décembre . . .	— 2,38	— 2,31	— 2,53	+ 2,11	+ 2,40	+ 1,34	— 1,46	— 1,44	— 1,69
Janvier 1862. .	— 4,30	— 4,30	— 4,80	— 0,92	— 0,95	— 1,16	— 3,14	— 3,15	— 3,23
Moyennes . . .	— 2,58	— 2,56	— 3,14	+ 1,57	+ 1,68	+ 0,64	— 2,01	— 2,01	— 2,24

Si l'on examine les observations faites du 1er décembre 1860 au 1er décembre 1861, on constate qu'à 3 heures du soir, qui est le moment de la plus forte chaleur, A est précisément aussi celle où il y a le plus de jours où M diffère de A'; à 9 heures du soir, il y a presque autant de jours où A égale M qu'il y en a où A diffère de M.

Le tableau I donne pour température aux quatre stations N, *m*, A et M, 11°,72, 14°,23, 12°,55 et 12°,90.

Les résultats consignés dans le tableau II révèlent un fait important : du 11 avril 1861 au 1er janvier 1862, à 6 heures du matin, la température moyenne est sensiblement la même à 1m,33 au nord, au midi, à 16 mètres et à 21 mètres au-dessus du sol ; *m*, A et M ne diffèrent que de 0°,01 à 0°,02, et N de ces dernières de 0°,19. 6 heures du matin est donc une heure critique, dont la température doit être prise en considération dans l'étude des phénomènes de la température

de l'air. M — A augmente depuis 9 heures du matin jusque vers 3 heures du soir, et diminue jusqu'à 9 heures du soir, puis pendant la nuit jusque vers 6 heures du matin, où M = A, après quoi M prend le dessus A — N diminue depuis 9 heures du matin jusqu'à 6 heures du matin le lendemain, qui est l'heure critique.

Passons aux tableaux III, IV, V et VI.

Si l'on prend les températures moyennes aux quatre stations pendant l'été, où le soleil est au-dessus de l'horizon longtemps avant 6 heures du matin, et pendant l'hiver, où le soleil se lève plus ou moins longtemps après 6 heures, on trouve qu'en été les différences ne vont pas au delà de 0°,1 à 0°,2, et en hiver à 0°,08, à 0°,09. Ces différences dépendent évidemment du rayonnement terrestre. Le fait relatif à l'égalité de température aux trois stations à 6 heures du matin a de l'analogie avec celui signalé en 1778 par Pictet : suivant lui, après le lever du soleil à $1^{m},66$ et à 25 mètres, les indications se rapprochaient et, deux heures après, elles étaient les mêmes.

Le tableau VI montre qu'à 9 heures du matin et à 3 heures du soir M — N est à son maximum en été, et à son minimum à 9 heures du soir; le maximum se montre à 9 heures du soir en automne et le minimum en hiver.

Quant à M — A, à 9 heures du matin et à 3 heures du soir, M = A sensiblement en hiver; le maximum a lieu en été.

Dans le tableau X, qui donne les différences entre les températures mensuelles aux trois stations pendant les jours de soleil et les jours couverts, on voit que les différences A — N, M — N, M — A, à 9 heures du matin et à 3 heures

du soir, sont moindres par les jours couverts que par les jours de soleil.

Pour les différences A — N et M — N, leur rapport est de 2 : 1, à 3 heures du soir; les rapports sont à peu près pour A — N de 2 : 1, pour M — N de 2,7 : 1, pour M — A de 2,4 : 1.

La différence M — A est à son minimum à 9 heures du matin dans le mois de novembre, et probablement dans les mois de décembre et février; il en est de même à 3 heures du soir.

Dans le tableau XIV, on voit que, pendant les journées de gelée, en moyenne les températures A et M sont égales à 9 heures du matin, 3 et 9 heures du soir; la température N de 9 heures du matin et 3 heures est plus basse que celles de A et M de 0°,5 et de 1°.

Des observations n'ayant pas été faites entre 9 heures du soir et 6 heures du matin, le lendemain, on ne peut connaître la marche des différences pendant la nuit; mais comme à 9 heures du soir le nombre de jours où A égale M est beaucoup plus grand que dans le cours de la journée; d'un autre côté, comme N pendant la nuit est toujours inférieur à A et M, et que ce n'est qu'à 6 heures du matin que les quantités A, M et N sont égales entre elles, on retrouve là la période nocturne indiquée par Pictet et les autres observateurs, puisque, pendant la nuit, N est inférieure à A et à M, et qu'à 6 heures du matin il y a égalité. Quant à l'inversion de la période de jour, quelle en est la cause? Elle réside dans le mode d'action des instruments et leur emplacement : tous les observateurs ont employé des thermomètres ordinaires ou des thermomètres à maxima et à minima, dont les réservoirs

n'étaient pas revêtus d'enveloppes métalliques, à surface polie; il en est résulté des erreurs provenant des pouvoirs émissif et absorbant du verre, quand ils étaient exposés au rayonnement nocturne et au rayonnement solaire; de là des températures plus basses ou plus élevées que celles de l'air ambiant. Avec les thermomètres électriques cet inconvénient n'existe pas.

Les instruments dont j'ai fait usage se composent : 1° d'un thermomètre ordinaire placé à $1^{m},33$ au-dessus du sol, au nord, en avant d'une croisée et présentant par conséquent les mêmes inconvénients que les précédents ; 2° d'un thermomètre placé au midi à la même hauteur; 3° de deux thermomètres électriques fixés aux deux stations supérieures et dont les soudures extérieures sont recouvertes chacune d'un triple réflecteur en fer-blanc, destiné à empêcher ces soudures d'être échauffées ou refroidies directement par le rayonnement solaire ou le rayonnement nocturne, afin qu'elles prennent exactement la température de l'air, dégagée de tout effet de rayonnement.

Le thermomètre en verre placé au nord et abrité n'est pas dans les mêmes conditions que les deux thermomètres électriques : dans le jour il s'échauffe moins et dans la nuit il se refroidit plus, puisqu'il n'est pas pourvu d'un réflecteur; les indications doivent donc être moindres pendant le jour et la nuit. Cette non-uniformité dans le mode d'action des instruments rend plus difficile la comparaison entre les observations en général, particulièrement quand le temps est clair la nuit et le jour.

Le grand échauffement de M est dû probablement à l'échauffement des feuilles du marronnier sous l'influence du

rayonnement solaire; on voit par là que l'inversion dans le jour tient uniquement aux instruments et au rayonnement des objets voisins.

Il est maintenant démontré que la moyenne d'un lieu, telle qu'on la détermine aujourd'hui, représente celle de l'espace très-circonscrit où se trouve l'instrument, laquelle est influencée par le rayonnement du sol, qui dépend de son pouvoir rayonnant et absorbant et de diverses circonstances locales. Howard avait déjà observé, il y a une soixantaine d'années, que la température moyenne de Londres était plus élevée que celle en rase campagne de 0°,5; s'il eût placé son thermomètre sur d'autres points plus ou moins élevés, il aurait trouvé des différences plus ou moins considérables.

Je rapporterai encore plusieurs exemples remarquables de l'influence du sol pour modifier la température diurne à peu de hauteur au-dessus, dans les forêts de l'Orénoque, où la végétation a une grande puissance.

M. de Humboldt a vu d'immenses îlots de roche granitique nue, s'élevant à peine de 1 et 2 centimètres au-dessus de la plaine et dont la température, pendant les longues nuits tropicales, était de 36 degrés, l'air ambiant étant à 25°,8; il en résultait donc un courant d'air chaud ascendant pendant l'absence du soleil, lequel devait encore échauffer l'air à une certaine hauteur.

MM. de Humboldt et de Bonpland, couchés sur l'herbe pendant de belles nuits des tropiques, dans les plaines de Venezuela et du bas Orénoque, éprouvaient une fraîcheur humide, là où les couches de l'air plus élevées de 1 à 2 mètres avaient une température de 26 à 27 degrés. Dans les régions équatoriales et tropicales, où le rayonnement nocturne agit

avec tant de force, en raison d'un ciel serein, l'accroissement de température, en s'élevant au-dessus du sol, se manifeste donc comme dans les hautes latitudes ; aussi n'aperçoit-on dans la zone équatoriale aucun changement dans la végétation depuis le niveau de la mer jusqu'à la hauteur de 600 mètres, et retrouve-t-on au delà jusqu'à 1,200 mètres la flore de la zone tropicale.

Il est facile maintenant d'expliquer pourquoi certaines cultures n'ont pas lieu dans des dépressions de terrain et réussissent sur des collines; pour quel motif des végétaux sont atteints par la gelée dans des fonds et ne le sont pas sur des hauteurs peu élevées. M. Martins rapporte à ce sujet un fait remarquable : dans le jardin botanique de Montpellier, des lauriers, des figuiers, des oliviers, périssent presque tous dans les parties basses, tandis qu'ils sont épargnés quelques mètres plus haut dans des conditions d'abris toutes semblables.

En résumé, la méthode employée jusqu'ici pour trouver la moyenne d'un lieu a besoin d'être modifiée pour en avoir une valeur exacte, si l'on veut surtout la faire servir à reconnaître dans les siècles futurs les modifications que le climat de ce lieu a éprouvées en vertu de causes célestes ou terrestres.

Où doit-on donc placer le thermomètre pour avoir la véritable température de l'air? A une hauteur où cette température n'est point influencée par le rayonnement terrestre; mais cette hauteur est variable suivant que le sol est dénudé, couvert de végétaux, sec ou humide; il est donc impossible d'établir une règle fixe à cet égard. Je me suis borné, dans ce Mémoire, à exposer les difficultés à surmonter pour arriver à obtenir la température de l'air dégagée des effets du rayonnement terrestre.

On voit donc que les observations de température recueillies sur différents points du globe ne sont pas rigoureusement comparables entre elles, attendu qu'elles n'ont pas été faites dans les mêmes conditions de sol et d'altitude; le tracé des lignes thermiques n'a donc pas le degré d'exactitude qu'il devrait avoir pour que ces lignes puissent servir à la classification des climats sous le rapport de la chaleur.

Température de la terre à 1ᵐ,26 *et* 3ᵐ *au-dessous du sol.*

Le thermomètre électrique, employé utilement à trouver la température de l'air, convient parfaitement à la détermination de la température à diverses profondeurs au-dessous du sol, attendu que l'on est dispensé de faire des corrections longues et difficiles qu'exigent les thermomètres ordinaires à longues tiges dont toutes les parties n'ont pas la même température; ce mode d'observation est presque entièrement rejeté aujourd'hui, en raison même de ces corrections et de la difficulté de construire des thermomètres de plusieurs mètres de longueur.

Voici les résultats obtenus en novembre et décembre 1861, janvier, février et mars 1862, à 1ᵐ,26 et 3 mètres au-dessous du sol et comparés à des températures observées au-dessus du sol. Ces observations ont été faites au midi, dans l'angle de deux murs, dans une terre de jardin dont la superficie était pavée en grès, à chaux et ciment; c'est donc une position exceptionnelle. Les observations qui suivent ne peuvent donc être comparées à celles faites dans un sol découvert :

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	NOVEMBRE.				DÉCEMBRE.			
	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.
1					11°2	13°2	11°2	13°2
2		14°0			11,2	13,2	11,2	13,1
3		14,0			11,2	13,1	11,2	13,1
4	14°5	14,0			11,2	13,1	11,2	13,1
5	14,3	14,0			11,2	13,1	11,2	13,1
6	14,3	14,0			11,2	13,1	11,2	13,1
7	14,2	14,0			11,2	13,1	11,2	13,1
8	14,1	14,0	13°8	13°9	11,1	13,0	11,1	13,0
9	13,5	13,8	13,5	13,8	11,1	13,0	11,1	13,0
10	13,5	13,8	13,4	13,6	11,1	13,0	11,0	13,0
11	13,4	13,6	13,4	13,5	11,0	13,0	11,0	12,9
12	13,4	13,5	13,3	13,5	11,0	12,9	11,0	12,9
13	13,2	13,5	13,2	13,5	11,0	12,9	11,0	12,9
14	13,0	13,4	12,0	13,4	11,0	12,9	11,0	12,9
15	13,0	13,4	13,0	13,4	11,0	12,9	11,0	12,8
16	13,0	13,4	12,9	13,4	11,0	12,8	11,0	12,8
17	12,9	13,4	12,9	13,4	10,9	12,8	10,9	12,8
18	12,8	13,4	12,8	13,4	10,9	12,8	10,9	12,8
19	12,7	13,4	12,7	13,4	10,9	12,8	10,9	12,8
20	12,5	13,3	12,5	13,3	10,9	12,8	10,9	12,8
21	12,5	13,3	12,5	13,3	10,9	12,8	10,9	12,8
22	12,4	13,3	12,4	13,3	10,8	12,8	10,8	12,8
23	12,4	13,3	12,2	13,3	10,8	12,7	10,8	12,7
24	12,2	13,3	11,2	13,3	10,8	12,7	10,8	12,7
25	12,2	13,3	12,1	13,3	10,8	12,7	10,8	12,7
26	11,7	13,2	11,7	13,2	10,7	12,7	10,7	12,7
27	11,5	13,2	11,5	13,2	10,5	12,7	10,5	12,6
28	11,5	13,2	11,5	13,2	10,5	12,6	10,4	12,6
29	11,5	13,2	11,4	13,2	10,3	12,6	10,1	12,6
30	11,4	13,2	11,4	13,2	10,0	12,6	10,0	12,6
31					9,9	12,6	9,8	12,6
Moy.	13,00	13,51	12,5	13,4	10,90	13,0	10,84	12,90

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	JANVIER.				FÉVRIER.			
	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.
1	9°8	12°5	9°7	12°5	7°8	11°3	7°7	11°3
2	9,6	12,5	9,5	12,5	7,7	11,3	7,7	11,2
3	9,5	12,6	9,5	12,5	7,7	11,2	7,7	11,2
4	9,4	12,5	9,4	12,5	7,7	11,2	7,8	11,2
5	9,4	12,4	9,3	12,4	7,8	11,2	7,8	11,2
6	9,2	12,3	9,2	12,4	7,8	11,1	7,8	11,1
7	9,1	10,3	9,0	12,3	7,9	11,1	7,9	11,1
8	9,0	12,2	9,0	12,2	7,9	11,1	7,9	11,1
9	8,9	12,2	8,8	12,2	8,0	11,1	8,0	11,0
10	8,7	12,1	8,7	12,1	8,0	11,0	8,0	11,0
11	8,7	12,1	8,6	12,1	8,0	11,0	8,1	11,0
12	8,6	12,0	8,6	12,1	8,1	10,9	8,1	10,9
13	8,5	12,0	8,5	12,0	8,1	10,9	8,1	10,9
14	8,5	11,9	8,5	12,0	8,1	10,9	8,1	10,9
15	8,5	11,9	8,4	11,9	8,1	10,9	8,1	10,8
16	8,4	11,9	8,4	11,9	8,1	10,8	8,1	10,8
17	8,4	11,8	8,4	11,8	8,1	10,8	8,1	10,8
18	8,3	11,8	8,3	11,8	8,1	10,8	8,1	10,8
19	8,3	11,8	8,2	11,8	8,1	10,8	8,1	10,7
20	8,2	11,7	8,2	11,7	8,1	10,7	8,1	10,7
21	8,2	11,7	8,2	11,7	8,1	10,7	8,1	10,7
22	8,1	11,6	8,1	11,7	8,1	10,7	8,1	10,7
23	8,1	11,6	8,1	11,6	8,1	10,7	8,1	10,7
24	8,1	11,6	8,1	11,6	8,1	10,6	8,1	10,6
25	8,0	11,5	8,0	11,5	8,1	10,6	8,1	10,6
26	8,0	11,5	8,0	11,5	8,1	10,6	8,1	10,6
27	8,0	11,5	7,9	11,5	8,1	10,6	8,1	10,6
28	7,9	11,4	7,9	11,4	8,1	10,6	8,1	10,5
29	7,9	11,4	7,9	11,4				
30	7,8	11,3	7,8	11,4				
31	7,8		7,8	11,3				
Moyenn.	8,54	11,93	8,64	11,90	8,0	10,69	8,0	10,84

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE.

MARS.				
DATES.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 AU-DESSOUS DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3 mètres AU-DESSOUS DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 AU-DESSOUS DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3 mètres AU-DESSOUS DU SOL.
1	8°1	10°5	8°1	10°5
2	8,1	10,5	8,1	10,5
3	8,1	10,5	8,1	10,5
4	8,2	10,5	8,2	10,5
5	8,2	10,5	8,2	10,5
6	8,2	10,5	8,2	10,5
7	8,2	10,4	8,2	10,4
8	8,2	10,4	8,2	10,4
9	8,2	10,4	8,2	10,4
10	8,2	10,4	8,2	10,4
11	8,2	10,4	8,2	10,4
12	8,2	10,4	8,2	10,4
13	8,2	10,4	8,2	10,4
14	8,2	10,3	8,2	10,3
15	8,3	10,3	8,3	10,3
16	8,3	10,3	8,3	10,3
17	8,3	10,3	8,3	10,3
18	8,3	10,3	8,3	10,3
19	8,4	10,3	8,4	10,3
20	8,4	10,3	8,4	10,2
21	8,4	10,2	8,5	10,2
22	8,5	10,2	8,5	10,2
23	8,5	10,2	8,5	10,2
24	8,6	10,2	8,6	10,2
25	8,6	10,2	8,6	10,2
26	8,7	10,2	8,7	10,2
27	8,7	10,2	8,7	10,2
28	8,7	10,2	8,8	10,2
29	8,8	10,2	8,9	10,2
30	8,9	10,2	8,9	10,2
31	9,0	10,2	9,1	10,2
Moyennes...	8,4	10,32	8,35	10,32

Dans les tableaux suivants on a résumé les observations précédentes :

MOIS.	N TEMPÉRATURE moyenne de l'air au nord à 1m au-dessus du sol.	A TEMPÉRATURE moyenne de l'air au nord à 16m au-dessus du sol.	M TEMPÉRATURE moyenne de l'air au nord à 21m au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.
Novembre.	6°40	7°41	7°63	12°80	13°31
Décembre..	3,74	4,22	4,43	10,70	12,80
Janvier...	3,22	3,44	3,55	8,34	11,73
Février...	5,3	5,61	5,84	8,0	10,89
Mars....	»	»	»	»	»
Moyennes..	4,48	5,02	5,20	10,60	12,61

Le décroissement de température a lieu de dixième de degré en dixième de degré, en suivant une marche assez régulière. La plupart du temps, surtout pour la profondeur de 3 mètres, la température est restée stationnaire pendant 3, 4 et 5 jours, de sorte que si l'on eût donné assez de sensibilité à l'instrument, on aurait pu apprécier des changements de température de quelques centièmes de degré.

La discussion des observations montre que, dans le mois de novembre, la variation diurne a été en moyenne par jour à 1m,26 de 0°,1, et de 0°,026 à 3 mètres ; dans le mois de décembre de 0°,042 et 0°,02; dans le mois de janvier de 0°,6 et 0°,04, c'est-à-dire dans les rapports de 1 : 0,026 ; 1 : 0,48 ; 1 : 0,66 ; formant une progression décroissante; on voit par là que dans le mois de novembre, la terre, à la profondeur de 1m,26 et 3 mètres, dans la position exception-

nelle où les instruments étaient placés, a mis, pour se refroidir de 0°,1, un jour, et 4 jours; dans le mois de décembre, 2, 4 et 5 jours; dans le mois de janvier, 1,6 et 2,5 jours; la vitesse de refroidissement tendait donc à devenir la même.

QUATRIÈME MÉMOIRE

DE LA

TEMPÉRATURE DE L'AIR

A 6 HEURES DU MATIN

ET

AU LEVER DU SOLEIL.

Dans le dernier Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie sur la température de l'air à diverses hauteurs, à partir de $1^m,33$ au-dessus du sol jusqu'à 21 mètres, j'ai montré que cette température croissait avec la hauteur, suivant l'état du sol, et qu'à six heures du matin, quelle que fût la saison, la température était la même, chaque

jour, aux quatre stations, en y comprenant même celle de l'air à $1^m,33$ au midi. J'ajoutai que l'on devait considérer cet instant comme une heure critique pouvant servir à établir une relation entre la température moyenne de l'air à chacune des quatre stations, et celle des mêmes stations à six heures du matin, relation qui permettrait d'obtenir la température d'un lieu, en observant seulement le thermomètre à six heures du matin, à une certaine distance au-dessus du sol. J'ai essayé de résoudre cette question dans le travail dont je vais avoir l'honneur d'entretenir l'Académie.

L'heure critique dont il est question n'est pas également éloignée d'un jour à l'autre du lever du soleil, dont l'instant dépend de la position du soleil sur l'écliptique; pendant six mois, elle précède le lever du soleil, et pendant les six autres mois, elle le suit; ce n'est qu'aux équinoxes où il y a coïncidence dans les heures; aux deux solstices a lieu le maximum d'écart, mais en sens inverse; au solstice d'été, elle le précède; au solstice d'hiver, elle le suit. En hiver, l'effet du rayonnement terrestre, vers six heures, est à son maximum pour refroidir le sol et par suite l'air jusqu'à une certaine hauteur, laquelle dépend des lieux et de l'état du sol. En été, les effets de ce rayonnement sont en partie détruits par l'action solaire qui réchauffe le sol depuis le lever du soleil. L'égalité de température à toutes les stations, à six heures du matin, ne peut avoir lieu qu'en admettant qu'il existe une compensation entre le rayonnement terrestre et le rayonnement solaire, avant et après six heures du matin, jusqu'à une certaine hauteur, compensation qui aurait lieu pendant un certain temps, de sorte que la présence du

soleil ou son absence n'aurait aucune influence sur le phénomène. L'heure critique se trouverait comprise ainsi dans la période de temps pendant laquelle dure la compensation.

La première recherche à faire pour expliquer l'égalité de température aux quatre stations, à six heures du matin, est de commencer par déterminer le rapport existant entre la température moyenne de l'air à chacune des stations et celle de l'air à six heures du matin : si ce rapport était constant pendant un ou plusieurs mois, il représenterait le coefficient par lequel il faudrait multiplier la température moyenne, à six heures du matin, pour avoir la température moyenne mensuelle, estivale et hivernale ou annuelle de l'air, avec une certaine exactitude, à chacune des stations.

Le rapport entre les températures diurnes n'offre rien de satisfaisant à ce sujet; les exemples suivants en fournissent la preuve :

Date.	Temp. diurne à 16m.	Temp. à 6 h. du matin.	Rapport.
2 mai.	13°7	8°7	1°57
10 mai.	15,7	11,2	1,40
20 mai.	16,5	7,2	2,30
30 mai.	16,4	13,4	1,22

Ces résultats indiquent que le rapport des températures diurnes à celles des quatre stations, à six heures du matin, varie d'un jour à l'autre. Cette variation est due à ce que, dans le cours d'une journée, la température de l'air, à diverses hauteurs, dépend non-seulement de l'action solaire du jour, mais encore de celle de la veille, selon que le sol a été plus ou moins échauffé ou plus ou moins refroidi par le rayonnement solaire et le rayonnement nocturne; d'un jour

à l'autre, le rayonnement du sol ne doit donc pas être le même et doit influer différemment sur la température de l'air, et par conséquent sur le rapport en question. Mais il n'en est plus tout à fait de même si l'on cherche le rapport des températures moyennes de dix jours en dix jours, parce que l'on fait disparaître alors les variations d'un jour à l'autre ; en voici un exemple :

Mois de mai.	Rapport.
Du 1er au 10.	1°67
Du 11 au 20.	1,53
Du 21 au 30.	1,41
Moyenne. . .	1,54

On voit là que les rapports sont déjà plus concordants que ceux de la série diurne citée précédemment, sans cependant l'être suffisamment pour en faire des coefficients avec lesquels on puisse déduire la température moyenne d'une station à six heures du matin.

Les rapports par mois et par saison sont beaucoup plus satisfaisants et conduisent au but proposé, c'est-à-dire à la détermination des coefficients pouvant être utilisés, comme on le verra en examinant les résultats consignés dans les tableaux I, II, III, IV, V, placés à la fin de ce Mémoire.

Les résultats consignés dans le tableau n° I mettent bien en évidence l'égalité des températures, à six heures du matin, à $1^m,33$ au-dessus du sol, à 16^m et à 21^m, les différences ne portant que sur des centièmes de degré. Quant à la température moyenne observée au midi, à six heures du matin, avec un thermomètre ordinaire non abrité contre le rayon-

nement solaire, elle ne diffère que de $0^{\circ},1$ de la température des autres stations : on doit donc considérer comme bien établi le principe de l'égalité de température, à six heures du matin, à toutes les stations, jusqu'à une certaine hauteur, dont la limite n'est pas encore déterminée.

Le tableau n° II contient, à la 4e colonne, les rapports entre les températures moyennes mensuelles, au nord, à $1^{m},33$ au-dessus du sol, et les températures moyennes mensuelles à six heures du matin, rapports représentant les coefficients qui serviront, comme on va le voir, à déterminer la température moyenne d'un lieu, à $1^{m},33$, connaissant la température moyenne à six heures du matin.

On voit d'abord que les coefficients de juin et de juillet sont sensiblement les mêmes ; il en est de même des coefficients de septembre, octobre et novembre, qui forment l'automne météorologique, ainsi que des coefficients de décembre, janvier et février. Les coefficients de mars 1862 et d'avril 1861 sont également les mêmes, à de très-légères différences près.

Les mois de mai et d'août font exception ; ils donnent des coefficients qui diffèrent de ceux qui les précèdent ou qui les suivent, mais qui néanmoins diffèrent peu l'un de l'autre.

Si l'on prend les moyennes des coefficients des différents groupes que l'on vient d'indiquer, et qu'on les multiplie par les températures moyennes, on a pour produits des nombres consignés dans la 5e colonne, et qui ne diffèrent, à trois exceptions près, que de quelques centièmes de degré des températures moyennes mensuelles déduites de l'observation; les trois autres produits n'en diffèrent que de $0^{\circ},2$ à $0^{\circ},3$.

Les 4e et 5e colonnes du tableau III donnent les coefficients et les températures moyennes mensuelles calculées relatifs à la station à 16^m au-dessus du sol. Les conséquences déduites des coefficients et des valeurs calculées conduisent aux mêmes conséquences que celles dont il a été question en discutant les observations de la station à 1^m,33.

Les excès des valeurs observées sur celles calculées diffèrent de 0°,1 à 0°,3, tantôt en plus, tantôt en moins.

Dans le IVe tableau se trouvent les résultats observés et calculés, relatifs à la station à 21^m au-dessus du sol, et qui conduisent aux mêmes conséquences, ce qui indique qu'elles dérivent d'une loi commune.

Le Ve tableau donne les résultats obtenus au midi, à 1^m,33 au-dessus du sol et dans une circonstance exceptionnelle, puisque le thermomètre est exposé au rayonnement solaire, sans réflecteurs ou abris s'opposant à l'action directe de ce rayonnement; la discussion des observations recueillies et des résultats calculés conduit aux mêmes conclusions, à quelques différences près cependant.

Les coefficients de juin et juillet sont égaux comme aux autres stations; mais le coefficient d'août n'est pas isolé; il est le même que les coefficients de septembre et d'octobre. Décembre et janvier ont les mêmes coefficients.

Aux quatre stations les coefficients sont à leur minimum en été et à leur maximum en hiver; l'explication m'en paraît facile; il faut la chercher dans les actions combinées du rayonnement céleste et du rayonnement solaire, dont l'un refroidit le sol et l'autre le réchauffe; or, comme le refroidissement et l'échauffement du sol influent sur la température de l'air jusqu'à une certaine hauteur, il s'ensuit que

cette température est essentiellement liée aux rapports existant entre ces deux rayonnements. Quoique ces rapports soient extrêmement complexes, ce qui rend très-difficile la détermination de la température de l'air, il est possible, cependant, comme on va le voir, de les trouver à certaines heures de la journée.

A l'équinoxe du printemps, le 21 mars, le rayonnement solaire échauffe le sol pendant douze heures, tandis que le rayonnement nocturne le refroidit pendant douze heures de jour et douze heures de nuit ; les effets calorifiques produits dépendant de l'état du ciel, on ne peut dire quel est celui des deux rayonnements qui l'emporte. Le lendemain, le rayonnement solaire a plus de durée, et ainsi de suite jusqu'au 21 juin, où les jours cessant d'augmenter de longueur, la durée du rayonnement solaire diminue ensuite chaque jour, et le sol continue à s'échauffer sous l'action solaire ; de sorte que le maximum de température de l'air a lieu, non au 21 juin, mais vers le 15 juillet. La diminution continue jusqu'à l'équinoxe d'automne, où le rayonnement céleste augmente de jour en jour jusqu'au 21 décembre, solstice d'hiver; mais le maximum de froid n'a lieu que vers le 14 janvier, époque où le sol s'est refroidi à son maximum. On voit par là qu'en été le rayonnement solaire doit l'emporter sur le rayonnement nocturne, tandis qu'en hiver c'est le contraire; par conséquent, en été, à six heures du matin, toutes choses égales d'ailleurs, la chaleur de l'air, influencée par celle du sol qui est échauffé par le soleil, doit s'approcher davantage de la moyenne mensuelle qu'en hiver, où le rayonnement céleste est prédominant, le soleil se levant après six heures. Bien que les coefficients que je viens de

donner ne soient déduits que d'une année d'observations, il est probable que des observations ultérieures permettront d'y faire les corrections dont ils ont besoin pour leur valeur exacte.

Parmi les observations de température de l'air recueillies jusqu'ici, on ne peut invoquer, pour vérifier l'exactitude des rapports que je viens d'établir, que celles de Genève, faites à la fin du siècle dernier par Pictet, au lever du soleil, à deux heures de l'après-midi, et au coucher du soleil; au mois de mars et au mois de septembre, le soleil se levant à six heures du matin, les observations relevées pendant ces deux mois ayant eu lieu un peu avant ou un peu après six heures, on peut en déduire quelques conséquences. Les observations de mars n'offrent rien de satisfaisant à cet égard, mais il n'en est pas de même de celles de septembre, qui ont donné les résultats suivants :

Rapport de la température moyenne du mois à la température moyenne au lever du soleil.

Septembre 1797.	1°35
Septembre 1798.	1,37
Septembre 1799.	1,36
Septembre 1800.	1,35
Moyenne. . .	1,36

On peut dire qu'il y a là une parfaite égalité entre ces coefficients.

Sous la latitude de Paris, le coefficient de septembre est égal à 1°,50 ; c'est le nombre par lequel il faut multiplier la température moyenne mensuelle à une station, à six heures

du matin, pour avoir la température moyenne mensuelle de cette station. Les rapports obtenus pour le mois de septembre des années 1797, 1798, 1799 et 1800 m'ont engagé à chercher les rapports entre les températures moyennes mensuelles de Genève et celles au lever du soleil, dans le cours de l'année, afin d'en déduire des conséquences utiles pour la physique terrestre.

TABLEAU DES RAPPORTS ENTRE LES TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES

et les températures moyennes au lever du soleil

DÉDUITES DES OBSERVATIONS RECUEILLIES A GENÈVE, AU NORD A $1^m,33$ AU-DESSUS DU SOL,

en 1796, 1797, 1798 et 1799.

MOIS.	RAPPORT entre la temp. moy. au Nord et celle au lever du soleil. — A 1796.	RAPPORT entre la temp. moy. au Nord et celle au lever du soleil. — B 1797.	RAPPORT entre la temp. moy. au Nord et celle au lever du soleil. — C 1798.	RAPPORT entre la temp. moy. au Nord et celle au lever du soleil. — D 1799.	MOYENNE — M	DIFFÉRENCES entre ces rapports et leur moyenne.			
						A — M	B — M	C — M	D — M
Janvier	$\frac{2,73}{0,55}$ = 4,96	$\frac{0,74}{-0,81}$ = — 0,91	$\frac{0,94}{-0,17}$ = — 5,53	$\frac{-1,40}{2,05}$ = — 0,68	— 0,54	5,50	— 0,37	— 4,99	— 0,14
Février	$\frac{2,17}{0,72}$ = 3,00	$\frac{2,59}{-0,63}$ = — 8,60	$\frac{1,64}{-1,51}$ = — 1,09	$\frac{4,35}{-1,81}$ = — 2,40	— 2,27	5,27	— 6,33	+ 1,18	— 0,13
Mars	$\frac{2,71}{0,99}$ = 2,74	$\frac{4,11}{0,21}$ = 1,96	$\frac{4,42}{0,53}$ = 8,34	$\frac{4,44}{0,99}$ = 4,40	7,40	—10,14	12,2	+ 0,94	— 3,00
Avril	$\frac{8,07}{3,07}$ = 2,62	$\frac{8,97}{5,29}$ = 1,69	$\frac{8,98}{4,69}$ = 1,92	$\frac{6,17}{3,61}$ = 1,71	1,98	0,64	— 0,29	— 0,06	— 0,27
Mai	$\frac{10,59}{7,01}$ = 1,51	$\frac{12,21}{8,94}$ = 1,36	$\frac{11,22}{7,51}$ = 1,50	$\frac{10,53}{6,84}$ = 1,54	1,48	0,03	— 0,12	+ 0,02	+ 0,06
Juin	$\frac{12,85}{9,27}$ = 1,38	$\frac{19,99}{8,58}$ = 1,28	$\frac{13,63}{10,35}$ = 1,31	$\frac{12,88}{9,60}$ = 1,38	1,34	0,04	— 0,06	— 0,03	+ 0,04
Juillet	$\frac{13,86}{10,29}$ = 1,34	$\frac{16,25}{16,91}$ = 0,96	$\frac{14,29}{10,53}$ = 1,35	$\frac{14,53}{10,87}$ = 1,33	1,34	0,00	— 0,38	+ 0,01	— 0,01
Août	$\frac{15,01}{11,63}$ = 1,30	$\frac{15,46}{11,31}$ = 1,36	$\frac{14,91}{10,92}$ = 1,36	$\frac{15,39}{11,13}$ = 1,38	1, 7	— 0,07	— 0,01	— 0,01	+ 0,01
Septembre	$\frac{13,49}{9,29}$ = 1,45	$\frac{12,14}{8,96}$ = 1,35	$\frac{12,76}{9,29}$ = 1,37	$\frac{12,92}{9,42}$ = 1,37	1,38	0,07	+ 0,07	— 0,01	— 0,01
Octobre	$\frac{8,81}{6,13}$ = 1,29	$\frac{8,70}{6,09}$ = 1,34	$\frac{8,54}{5,62}$ = 1,52	$\frac{8,39}{5,52}$ = 1,50	1,41	— 0,12	— 0,07	+ 0,11	+ 0,09
Novembre	$\frac{4,23}{2,59}$ = 1,63	$\frac{5,27}{3,63}$ = 1,45	$\frac{4,39}{3,34}$ = 1,3[illegible]	$\frac{3,55}{2,05}$ = 1,73	1,51	— 0,10	— 0,06	— 0,20	+ 0,22
Décembre	$\frac{-0,03}{-1,42}$ = 0,02	$\frac{3,16}{1,83}$ = 1,72	$\frac{0,29}{-0,77}$ = — 0,[illegible]	$\frac{-1,79}{-2,50}$ = 0,70	0,51	— 0,49	— 1,21	— 0,90	0,20

Les rapports consignés dans ce tableau ne présentent aucune relation pendant les mois de décembre, janvier, février et mars, c'est-à-dire pendant toute la saison d'hiver, en y comprenant même le premier mois du printemps; en avril, les différences commencent à être beaucoup moindres, comme on peut le voir dans la colonne des moyennes.

Pendant les mois de mai, juin, juillet, août et septembre, les différences entre les moyennes des rapports de chacune des quatre années, ne portant en général que sur les centièmes, et encore ces différences étant tantôt en plus, tantôt en moins, on doit en conclure qu'elles s'approchent de l'égalité; en octobre, l'accord se soutient assez bien, en 1796 et 1797 d'une part, 1798 et 1799 de l'autre; en novembre, le désaccord commence à se manifester, quoiqu'il ne soit pas encore très-grand.

Enfin, en décembre, on entre dans la période où l'on ne trouve plus aucun rapport jusqu'au mois de mai. C'est donc à la fin du printemps, pendant l'été et les deux premiers mois d'automne, que l'on trouve des rapports sensiblement égaux pendant quatre années, rapports indiquant que la température moyenne mensuelle au nord est dans un rapport constant avec la température moyenne mensuelle au lever du soleil, à la même exposition; de sorte que pendant cinq ou six mois on peut déduire l'une des températures de l'autre.

Il y a donc, au lever du soleil, pendant la belle saison, une relation telle entre les effets du rayonnement solaire et du rayonnement céleste sur la température du sol et sur celle de l'air, qui en dépend en grande partie, qu'il en résulte un rapport sensiblement constant. Mais cette relation dé-

pend-elle, à ces époques de l'année, d'un état d'équilibre, au lever du soleil, entre le rayonnement solaire et le rayonnement nocturne? C'est ce qu'il n'est guère possible de savoir encore.

Les coefficients dont je viens de parler indiquent des points de repère sur lesquels il faut s'appuyer pour étudier les effets du rayonnement solaire et du rayonnement céleste pendant le jour, et de ce dernier rayonnement pendant la nuit, sur la température du sol, et par suite sur celle de l'air à diverses hauteurs. Ils pourront servir à déterminer les températures moyennes mensuelles de l'air, à des stations qui ne dépassent pas 21 mètres, quand on connaît les températures moyennes mensuelles de ces stations à six heures du matin.

PREMIER TABLEAU.

TEMPÉRATURES MOYENNES

AUX QUATRE STATIONS.

6 HEURES DU MATIN.

MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne à $1^m,33$ AU NORD.	TEMPÉRATURE moyenne à $1^m,33$ AU MIDI.	TEMPÉRATURE moyenne A 16 MÈTRES.	TEMPÉRATURE moyenne A 21 MÈTRES.
Avril 1861.	5,70	5,88	5,87	5,87
Mai.	10,20	10,45	10,17	10,24
Juin.	15,80	16,11	15,79	15,87
Juillet.	15,20	15,40	15,30	15,50
Août.	15,32	15,60	15,40	15,24
Septembre.	11,30	11,54	11,74	11,43
Octobre.	9,15	9,33	9,16	9,23
Novembre.	4,37	4,47	4,55	4,55
Décembre.	1,80	1,90	1,98	2,03
Janvier 1862.	1,60	1,60	1,51	1,52
Février.	2,61	2,70	2,65	2,64
Mars.	5,16	5,26	5,16	5,18
Moyennes.	8,20	8,25	8,27	8,29

DEUXIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURES MOYENNES AU NORD
A 1^{m},33 AU-DESSUS DU SOL (N).

MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne AU NORD à 6^{h} du matin.	TEMPÉRATURE moyenne AU NORD.	RAPPORT entre les deux températures, ou coefficient DE TEMPÉRATURE.	TEMPÉRATURE moyenne calculée avec le coefficient DE TEMPÉRATURE.	EXCÈS de résultat calculé sur le résultat DE L'EXPÉRIENCE.
Avril 1861.	5,70	11,00	1,93 (1,925)	10,97	— 0,03
Mai.	10,20	15,05	1,47	15,05	0,0
Juin.	15,80	19,71	1,24 (1,225)	19,36	— 0,25
Juillet.	15,20	18,40	1,21	18,62	+ 0,22
Août.	15,3	21,74	1,41	21,74	0,0
Septembre.	11,30	16,91	1,50 (1,48)	16,72	— 0,19
Octobre.	9,15	13,52	1,47	13,54	+ 0,02
Novembre.	4,37	6,49	1,48	6,49	0,0
Décembre.	1,80	3,74	2,08 (2,04)	3,72	— 0,02
Janvier 1862.	1,60	3,22	2,00	3,26	+ 0,04
Février.	2,61	5,30	2,03	5,32	+ 0,02
Mars.	5,16	9,93	1,92 (1,925)	9,93	0,0
Moyennes.	8,20	12,08	•	12,06	— 0,027

TROISIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURES MOYENNES
A 16 MÈTRES AU-DESSUS DU SOL.

MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne à 16 mètres AU-DESSUS DU SOL à 6h du matin.	TEMPÉRATURE moyenne A 16 MÈTRES.	RAPPORT entre les deux TEMPÉRATURES.		TEMPÉRATURE calculée avec LE COEFFICIENT.	EXCÈS du résultat calculé sur le résultat DE L'OBSERVATION
Avril 1861.	6,87	11,88	2,00	1,98	11,62	— 0,26
Mai.	10,17	15,61	1,53		15,61	0,0
Juin.	15,79	20,50	1,30	1,30	20,50	0,00
Juillet.	15,30	20,10	1,31		20,10	0,00
Août.	15,40	22,66	1,47		22,66	0,0
Septembre.	11,74	18,08	1,54	1,58	18,54	+ 0,46
Octobre.	9,16	14,43	1,57		14,47	+ 0,04
Novembre.	4,55	7,41	1,62		7,19	— 0,22
Décembre.	1,98	4,22	2,13	2,17	4,29	+ 0,07
Janvier 1862.	1,5	3,44	2,27		3,27	— 0,17
Février.	2,65	5,61	2,10		5,83	+ 0,22
Mars.	5,16	10,16	1,97	1,98	10,21	+ 0,05
Moyennes.	8,27	12,84	»		12,85	+ 0,019

QUATRIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURES MOYENNES

A 21 MÈTRES AU-DESSUS DU SOL (M).

MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne à 21 mètres AU-DESSUS DU SOL à 6^h du matin.	TEMPÉRATURE moyenne à 21 mètres AU-DESSUS DU SOL.	RAPPORT entre les deux températures, ou coefficient DE TEMPÉRATURE.		TEMPÉRATURE calculée avec LE COEFFICIENT.	EXCÈS du résultat calculé sur le résultat DE L'OBSERVATION
Avril 1861.	5,87	12,28	2,09	2,045	12,00	— 0,28
Mai.	10,24	16,22	1,58		16,22	0,0
Juin.	15,87	21,38	1,35	1,33	21,10	— 0,28
Juillet.	15,50	20,31	1,31		20,61	+ 0,30
Août.	16,14	23,25	1,53		23,25	0,00
Septembre.	11,43	18,60	1,62	1,63	18,63	+ 0,03
Octobre.	9,23	14,89	1,61		15,04	+ 0,15
Novembre.	4,55	17,63	1,67		17,41	— 0,23
Décembre.	2,03	4,43	2,18	2,24	4,54	+ 0,11
Janvier 1862.	1,52	3,55	2,32		3,40	— 0,15
Février.	2,64	5,84	2,21		5,91	+ 0,07
Mars.	5,18	10,25	2,00	2,045	10,59	+ 0,34
Moyennes.	8,28	14,05	•		14,058	— 0,002

CINQUIÈME TABLEAU.

TEMPÉRATURES MOYENNES

AU MIDI.

MOIS.	TEMPÉRATURE moyenne au midi à $1^m,33$ AU-DESSUS DU SOL. — à 6 heures du matin.	TEMPÉRATURE moyenne MENSUELLE.	RAPPORT entre les DEUX TEMPÉRATURES.	TEMPÉRATURE moyenne CALCULÉE.
Avril 1861.	5,68	15,58	2,66	15,58
Mai.	10,45	19,29	1,87	23,03
Juin.	16,11	23,29	1,44 } 1,43	22,93
Juillet.	15,40	21,82	1,42 }	22,02
Août.	15,60	26,79	1,71 }	26,36
Septembre.	11,54	19,56	1,70 }	19,60
Octobre.	9,33	15,87	1,72 } 1,69	15,77
Novembre.	4,47	7,15	1,65 }	7,55
Décembre.	1,90	4,21	2,23	4,21
Janvier 1862.	1,60	3,62	2,23	3,62
Février.	2,70	6,44	2,38 } 2,34	6,31
Mars.	5,26	12,17	2,31 }	12,31
Moyennes.	8,35	14,66	»	14,63

CINQUIÈME MÉMOIRE

DE LA

TEMPÉRATURE DE L'AIR

DANS LES

COUCHES ATMOSPHÉRIQUES VOISINES DU SOL

Je me suis proposé, dans ce Mémoire, de présenter le résumé des observations de température de l'air faites, du 1er juin 1860 au 1er juin 1862, au Jardin des Plantes, pendant la période de deux années, en m'attachant surtout à montrer que cette température, dans les couches inférieures de l'atmosphère, dépend, comme on sait, non-seulement du rayonnement terrestre et du rayonnement céleste, mais encore de l'action directe du soleil. Je rappellerai en commençant comment les sols agissent, suivant leur nature et leur état physique, pour élever ou abaisser la température de l'air jus-

qu'à une certaine hauteur, quand ils sont échauffés par le rayonnement solaire ou refroidis par le rayonnement céleste; cela est d'autant plus nécessaire que la loi qui régit l'accroissement de température de l'air jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du sol dépend des pouvoirs rayonnants, absorbants et émissifs de ce dernier, et par conséquent de sa nature et de ses propriétés physiques. Deux actions luttent sans cesse pour élever ou abaisser la température de l'air et celle du sol : le rayonnement solaire et le rayonnement céleste. Le sol, une fois échauffé ou refroidi, réagit pendant plus ou moins de temps sur la température de l'air, jusqu'à une certaine hauteur, pour l'augmenter ou la diminuer ; cette hauteur dépend de l'état du sol. Deux thermomètres placés à une petite distance l'un de l'autre, à la même hauteur, n'indiquent donc pas toujours la même température, si les deux sols au-dessus desquels ils se trouvent ne sont pas les mêmes. Cette température dépend donc de causes complexes dont il faut apprécier l'influence. Leur étude a été le sujet du Mémoire que je présente à l'Académie sur la température de l'air.

Pour donner une idée de l'action exercée par le sol, je rappellerai qu'en représentant par 100 la faculté que possède le sable calcaire de retenir la chaleur, faculté qui dépend de ses pouvoirs absorbants, émissifs, rayonnants, et de sa faculté conductrice, on a, d'après Schubler :

Pour le sable calcaire.	95,6
la terre arable calcaire. . .	74,5
la terre argileuse.	68,4
la terre de jardin.	64,8
l'humus.	49,0

L'humus possède donc une faculté moitié moindre de celle du sable calcaire et se refroidit conséquemment en moitié moins de temps que ce dernier.

Ce n'est pas tout, la grosseur des parties exerce aussi une influence sur le rayonnement du sol : toutes choses égales d'ailleurs, les sables siliceux et calcaires, comparés à volumes égaux aux différentes terres argileuses ou calcaires en poudre fine, à l'humus, à la terre arable et à la terre de jardin, sont les sols qui paraissent conduire le moins bien la chaleur. Les terrains sablonneux, en été, conservent, pour ce motif, pendant la nuit, une température plus élevée que les autres terres.

Une terre recouverte de cailloux siliceux se refroidit plus lentement que les sables siliceux ; c'est pour ce motif qu'elle convient mieux à la culture de la vigne, puisqu'elle hâte plus la maturité du raisin que les terrains crayeux et argileux.

La température de l'air, à quelques mètres de hauteur dans les lieux où le sol est couvert de cailloux, doit donc être plus élevée que dans les localités où le sol est couvert de végétaux ou est de nature argileuse : le climat, sous le rapport de la température, doit donc présenter des différences avec celui des lieux dont le sol est caillouteux.

Cette différence avait déjà été signalée par M. de Humboldt (*Asie centrale*, t. III, en ces termes), en parlant de l'influence calorifique des roches sur la température de l'air ambiant : « Quant aux différences des pouvoirs ab-« sorbants et émissifs dépendants de la couleur, de la « densité, de la capacité et du poli de la surface, il suffit de « rappeler les contrastes qu'offrent les formations blanches « de calcaire secondaire ou tertiaire, de grès quartzeux et

« de trachytes feldspathiques avec les syénites riches en « amphiboles, les calcaires blancs ou noirs de transition, le « thonschiefer soyeux et les micaschistes d'un éclat métal- « lique. C'est de l'éclat particulier de la surface que dépend le « partage entre les rayons absorbés et les rayons réfléchis. » J'ajouterai : pourvu, toutefois, que la conductibilité pour la chaleur soit la même, car cet élément joue également un rôle important dans les phénomènes de rayonnement des corps.

A latitudes égales dans les mêmes conditions d'abris, dans deux lieux peu éloignés, la température de l'air, à une certaine distance au-dessus du sol, ne doit donc pas être la même, quand ce dernier n'est pas semblable dans l'un et l'autre lieu. On voit par là les difficultés qu'on éprouve à déterminer avec exactitude la température d'un lieu, quand on n'observe que sur un seul point peu élevé au-dessus du sol.

Ces préliminaires exposés, j'arrive à la discussion des observations de températures faites du 1er juin 1860 ou 1er juin 1862, dans le but de connaître la température de l'air depuis $1^m,33$ au-dessus du sol jusqu'à 21 mètres, à six heures et 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir. J'avais déjà trouvé à ces hauteurs pour les températures moyennes :

1860 au 1er mai 1861 :	à $1^m,33$.	11°01
	à 16^m.	11,47
	à 21^m au sommet d'un marronnier.	11,70

Il est à remarquer que ces résultats et ceux qui suivent proviennent d'observations auxquelles on a fait les corrections exigées par le déplacement du zéro des thermomètres

ordinaires employés; corrections dont il a été question dans mon dernier Mémoire.

Dans ce Mémoire, j'ai montré qu'à 6 heures du matin et probablement un peu avant, quelle que fût la saison, la température était la même à toutes les stations, chaque jour, et qu'il était possible, à l'aide de coefficients faciles à trouver, de déterminer la température moyenne de l'air à chacune de ces stations.

Les tableaux 1, 2, 3, 4 et 5 annexés à ce Mémoire donnent les observations recueillies et groupées de manière à faire ressortir les principaux résultats qui s'en déduisent.

Les tableaux 1 et 2 donnent les moyennes mensuelles et celle des saisons du 1er juin 1860 au 1er juin 1862, des températures observées avec le thermomètre ordinaire et le thermomètre électrique aux stations et heures déjà indiquées.

Le tableau 3 présente les différences M–A, A-N, m-A des températures moyennes des saisons aux heures d'observations indiquées plus haut.

A, M, N et m représentent, comme dans les précédents Mémoires, la température de l'air à 16 mètres au-dessus du sol, 21 mètres au sommet d'un marronnier, au nord et au midi, à $1^{m},33$.

Le tableau IV donne les moyennes des saisons aux quatre stations et les différences de ces moyennes; le tableau V, les différences entre les moyennes générales et les températures moyennes des quatre stations pendant deux ans.

La discussion des observations consignées dans les quatre

tableaux conduisent aux conséquences suivantes : pendant les deux années d'observation les températures moyennes de l'air aux quatre stations ont été :

N = 11°63
M = 13,54
A = 12,24
M = 12,44

En prenant les différences aux heures d'observation entre A et N, qui sont celles qu'il importe le plus de connaître, attendu que les températures à 1^m,33 et à 16 mètres donnent une idée des variations de température avec la hauteur, on a :

à 6 heures du matin. . . .	A — N = 0°
à 9 heures du matin. . . .	A — N = 0,83
à 3 heures du soir.	A — N = 0,84
à 9 heures du soir.	A — N = 0,39
à 6 h. du matin le lendemain.	A — N = 0,00

En prenant les différences par saison, on trouve qu'elles ne s'accordent pas pour les mêmes saisons, ce qui tient à ce qu'il est rare de rencontrer deux années de suite où deux mêmes saisons soient semblables sous le rapport de la température. En voici la preuve :

SAISONS ET DATES.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
Hiver de 1861. . . .	0°48	0°00	0°47	0°16	0,14	0°05
Hiver de 1862. . . .	0,48		0,63		0,19	
Printemps de 1861. .	1,04	0,41	0,91	0,16	0,59	0,57
Printemps de 1862. .	0,63		0,75		0,02	
Été de 1860.	— 0,12	2,51	— 0,05	1,20	0,48	0,09
Été de 1861.	2,39		1,15		0,39	
Automne de 1860 . .	0,51	0,76	1,53	0,22	0,46	0,37
Automne de 1861 . .	1,27		1,31		0,83	
Moyennes. . .	0,83		0,83		0,39	

Pendant les deux hivers de 1860 et 1861, à 9 heures du matin, les différences A-N, à 9 heures du matin, 3 heures du soir et 9 heures du soir, ont été 0,00; 0,16; 0,05. Les excès ne portant que sur les centièmes de degré, ce résultat s'explique par la faible influence du rayonnement solaire. C'est pour ce même motif que les différences, à 9 heures du soir, ont été à peu près nulles pendant les printemps et les étés de 1860, 1861.

Il est démontré, par les résultats consignés dans le tableau précédent que, depuis 6 heures du matin, la différence A-N augmente en moyenne de 6 heures du matin à 9 heures, qu'elle est la même de 9 heures à 3 heures du soir, et qu'elle diminue ensuite jusque vers 6 heures du matin, où elle est nulle; je dis vers 6 heures, car aucune observation n'ayant été faite avant cette heure, on ignore l'instant précis où la compensation a lieu.

La moyenne annuelle de A-N étant égale à 0°61, ce qui, par suite de l'accroissement de température, porte à croire que cette différence est due non-seulement aux effets du rayonnement terrestre, mais encore à l'action du rayonnement direct du soleil, qui n'a pas lieu à l'ombre, on ne saurait l'attribuer à l'échauffement direct de la soudure du thermomètre électrique, puisqu'elle est soustraite à l'action directe du soleil au moyen d'un triple réflecteur métallique dont elle est entourée.

L'influence directe du soleil paraît manifeste, pour élever la température de l'air; on voit par là qu'il est bien difficile d'admettre que la température de l'air observée au nord, comme on le fait ordinairement, représente exactement la température de l'air résultant du mélange de toutes les couches d'air qui n'ont pas la même température.

Le rayonnement terrestre, selon que le sol est échauffé par l'action solaire ou refroidi par le rayonnement céleste, exerce sans aucun doute une grande influence sur la température de l'air jusqu'à une certaine hauteur, influence qui dépend de la nature du sol et de celle des corps qui le recouvrent, et qu'on a négligée jusqu'ici dans les observations de température. Il est nécessaire encore, je le répète, de tenir compte de l'action directe du soleil sur l'air, quoiqu'il possède un faible pouvoir absorbant, lequel augmente toutefois avec sa densité en approchant du sol.

TABLEAU I.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS FAITES EN 1861 ET 1862 JUSQU'AU 1er JUIN.

DATES.	9 HEURES DU MATIN.				3 HEURES DU SOIR.				9 HEURES DU SOIR.				6 HEURES du MATIN.
	A	M	N	*m*	A	M	N	*m*	A	M	N	*m*	
Juin 1860.	17°30	17°30	17°80	20°80	19°30	20°00	19°90	23°21	15°56	15°70	15°00	15°26	»
Juillet —	18,00	17,70	18,00	22,24	21,00	21,40	20,70	25,40	16,40	16,20	16,00	16,42	»
Août —	17,30	17,60	17,17	22,03	10,80	20,20	19,54	22,43	15,80	16,00	15,32	15,06	»
Moyennes.	17,53	17,30	17,65	21,69	20,03	20,53	20,05	23,68	15,92	15,97	15,44	15,58	»
Septembre 1860.	16,00	16,00	15,70	20,90	18,75	19,12	17,56	21,90	13,70	13,83	13,63	14,00	»
Octobre —	13,00	13,16	12,55	15,80	15,33	15,30	13,47	15,70	10,94	11,06	10,60	10,96	»
Novembre —	5,79	5,81	5,00	7,96	9,00	9,44	7,46	8,30	5,66	5,94	5,00	4,55	»
Moyennes.	11,59	11,65	11,08	14,88	14,36	14,62	12,83	15,30	10,10	10,27	9,74	9,84	»
Décembre 1860.	3,47	3,14	3,14	4,36	4,40	5,14	4,50	4,70	3,56	3,70	3,60	4,20	»
Janvier 1861.	— 1,06	— 1,05	— 1,60	— 2,50	1,66	2,09	0,97	0,90	— 1,03	— 0,80	— 1,50	— 1,20	»
Février —	5 30	5,50	4,74	5,69	8,82	9,14	8,00	9,00	5,90	6,16	5,90	5,70	»
Moyennes.	20,57	2,53	2,09	2,52	4,96	5,46	4,49	4,87	2,81	3,02	2,67	2,90	»
Mars 1861.	8,68	8,76	8,09	11,88	12,21	12,46	11,45	15,36	8,40	8,54	7,04	8,80	»
Avril —	10,92	11,24	9,75	16,40	15,71	16,40	14,10	21,20	9,91	10,09	9,73	9,76	»
Mai —	15,44	16,00	14,07	19,20	18,73	20,00	18,37	23,63	13,56	13,88	13,30	14,89	»
Moyennes.	11,68	12,00	10,64	15,83	15,55	16,29	14,64	20,06	10,62	10,84	10,03	11,17	»
Juin 1861.	20,85	21,93	19,49	21,54	23,63	24,93	22,52	27,96	17,96	18,17	17,80	17,97	15,89
Juillet —	19,80	20,00	15,80	22,40	23,80	24,20	22,20	27,00	17,60	17,64	17,20	17,30	15,35
Août —	22,52	23,10	20,73	28,17	26,50	27,31	25,75	33,30	19,95	20,23	19,34	19,50	15,80
Moyennes.	21,06	21,67	18,67	24,04	24,64	25,48	23,49	29,42	18,50	18,68	18,11	18,26	15,68
Septembre 1861.	17,91	18,32	15,93	21,89	21,66	22,59	20,47	25,68	15,67	15,80	14,93	14,93	11,47
Octobre —	13,45	13,80	12,43	14,66	18,51	19,29	17,00	21,13	12,23	12,50	11,72	12,43	9,22
Novembre —	6,61	6,68	5,82	6,49	9,93	10,17	8,72	9,47	6,58	6,95	5,33	6,09	4,36
Moyennes.	12,66	12,93	11,39	14,35	16,70	17,35	15,39	18,76	11,56	11,75	10,73	11,15	8,25
Décembre 1861.	3,37	3,54	2,90	3,18	6,82	7,20	5,93	6,40	3,38	3,45	3,00	3,06	1,94
Janvier 1862.	2,70	2,80	2,38	2,60	5,37	5,52	4,84	5,00	3,15	3,24	3,05	4,83	1,56
Février —	4,64	4,80	4,00	5,70	8,50	8,84	8,00	9,60	4,60	4,80	4,51	4,61	2,66
Moyennes.	3,57	3,71	3,09	3,89	6,89	7,19	6,26	7,00	3,71	3,83	3,52	4,17	2,05
Mars 1862.	9,10	9,29	8,30	12,00	13,57	13,95	12,90	16,33	8,70	8,70	8,74	8,73	5,19
Avril —	12,97	13,33	12,30	15,89	17,40	18,00	16,62	21,31	11,31	11,38	11,26	11,34	7,29
Mai —	17,11	17,55	16,70	20,12	20,80	21,45	20,00	23,93	15,40	15,56	15,34	15,40	12,58
Moyennes.	13,06	13,39	12,43	16,00	17,26	17,80	16,51	20,52	11,80	11,88	11,78	11,82	8,35

TABLEAU II.

DATES et SAISONS.	9 HEURES DU MATIN.				5 HEURES DU SOIR.				9 HEURES DU SOIR.			
	A	M	N	m	A	M	N	m	A	M	N	m
1860. Été. . . .	17°23	17°05	17°45	21°49	19°70	20°23	20°85	23°48	15°62	15°67	15°24	15,38
— Automne.	11,29	11,35	10,88	14,68	14,06	14,32	12,63	15,10	9,80	9,98	9,54	9,64
1861. Hiver. . .	2,27	2,23	1,89	2,32	4,66	5,16	4,29	4,67	2,51	2,72	2,47	2,70
— Printemps	11,38	11,70	10,44	15,63	15,25	16,00	14,14	19,86	10,32	10,54	9,83	10,95
— Été. . . .	20,76	21,37	18,47	23,84	24,34	25,18	23,29	29,22	18,20	18,38	17,91	18,06
— Automne.	12,36	12,63	11,19	14,15	16,40	17,05	15,19	18,56	11,26	11,25	10,53	10,95
1862. Hiver. . .	3,27	3,41	2,89	3,63	6,59	6,89	6,06	6,80	3,51	3,53	3,32	3,97
— Printemps	12,76	13,09	12,23	15,80	16,96	17,50	16,31	20,12	11,50	11,60	11,58	11,62
Moyennes. .	11,41	11,60	10,68	12,94	14,97	15,28	14,13	17,25	10,34	10,45	10,08	10,42

DIFEÉRENCES ENTRE LES MOYENNES GÉNÉRALES.

	9 heures du matin	5 heures du soir	9 heures du soir
M — A =	0,19	0,51	0,11
A — N =	0,73	0,84	0,26
m — A =	1,53	2,28	0,08

TABLEAU III.

DATES ET SAISONS.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	M—A	A—N	m—A	M—A	A—N	m—A	M—A	A—N	m—A
1860. Été.	0°18	— 0°12	4°16	0°55	— 0°05	3°68	0°05	0°48	— 0°36
— Automne. . . .	0,06	0,51	3,29	0,26	1,53	0,70	0,18	0,46	— 0,26
1861. Hiver.	— 0,04	0,48	0,05	0,50	0,47	0,01	0,21	0,14	0,09
— Printemps . . .	0,32	1,04	4,16	0,74	0,91	4,61	0,22	0,59	0,53
— Été.	0,61	2,39	2,98	0,84	1,15	4,88	0,18	0,39	— 0,24
— Automne. . . .	0,27	1,17	1,69	0,65	1,31	2,16	0,19	0,83	— 0,41
1862. Hiver.	0,14	0,48	0,26	0,30	0,63	0,21	0,12	0,19	0,34
— Printemps . . .	0,36	0,43	2,94	0,54	0,75	3,36	0,08	0,02	0,02
Moyennes. . .	0,23	0,63	2,48	0,55	0,84	2,46	0,15	0,39	— 0,04

TABLEAU IV.

DATES ET SAISONS.		TEMPÉRATURES.			
1860.	Été. . . .	A = 17°52	M = 17°63	N = 17°85	m = 20°12
—	Automne. . .	A = 15,73	M = 11,88	N = 11,02	m = 13,14
1861.	Hiver. . .	A = 3,14	M = 3,37	N = 2,88	m = 3,23
—	Printemps. .	A = 12,32	M = 12,75	N = 11,57	m = 15,48
—	Été. . . .	A = 21,10	M = 21,64	N = 19,89	m = 20,37
—	Automne. . .	A = 13,36	M = 13,64	N = 12,30	m = 14,55
1862.	Hiver. . . .	A = 4,45	M = 4,65	N = 4,09	m = 4,50
—	Printemps. .	A = 13,74	M = 14,08	N = 13,37	m = 15,91
Moy. des températures des quatre saisons		12,17	12,45	11,62	12,40

DIFFÉRENCES ENTRE LES MOYENNES PAR SAISONS.

1860.	Été. . . .	M — A = 0,11	A — N = 0,33	m — N = 2,27
—	Automne. .	M — A = 0,16	A — N = 0,70	m — N = 2,12
1861.	Hiver. .	M — A = 0,23	A — N = 0,26	m — N = 0,35
—	Printemps. .	M — A = 0,43	A — N = 0,75	m — N = 3,91
—	Été. . .	M — A = 0,54	A — N = 1,21	m — N = 0,48
—	Automne	M — A = 0,28	A — N = 1,06	m — N = 2,25
1862	Hiver . .	M — A = 0,16	A — N = 0,36	m — N = 0,41
—	Printemps. .	M — A = 0,34	A — N = 0,37	m — N = 2,54
Moyennes . .		0,28	0,63	1,80

DIFFÉRENCES ENTRE LES MOYENNES

M — A = 0,28

A — N = 0,63

m — N = 1,78

TABLEAU V.

DIFFÉRENCES ENTRE LES MOYENNES GÉNÉRALES.

M — A =	0,23	0,55	0,15
A — N =	0,83	0,84	0,39
m — A =	2,48	2,27	— 0,04

TEMPÉRATURES MOYENNES DES QUATRE STATIONS PENDANT DEUX ANS.

A = 12°24 M = 12°44 N = 11°63 m = 13°54

MOYENNES DES DIFFÉRENCES.

M — A = 0°20

A — N = 0,61

M — N = 9,81

m — N = 1,91

m — M = 1,10

NOTE

SUR LA

PSYCHROMÉTRIE ÉLECTRIQUE.

Depuis les diverses communications que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie sur l'emploi des courants thermo-électriques et de la méthode des compensations, pour la détermination très-exacte des températures de l'air à diverses hauteurs au-dessus du sol, loin et près des arbres, du sol à diverses profondeurs, et dans une foule de cas où le thermomètre ordinaire ne peut être d'aucun usage, j'ai pensé que les mêmes principes pouvaient être appliqués utilement à la psychrométrie : l'expérience a répondu affirmativement.

Le but qu'on se propose en hygrométrie est de trouver le degré de l'humidité de l'air, qui n'est autre que le rapport de la force élastique de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'air à un instant donné, à la force élastique maximum dans les mêmes circonstances de température. Plusieurs procédés sont employés pour faire cette détermination; je ne parlerai que de celui indiqué par Gay-Lussac, lequel consiste à observer simultanément la température de deux thermomètres semblables dont le réservoir de l'un est sec, et celui de l'autre constamment humide; quand l'air n'est pas

saturé, une portion de l'eau qui humecte la boule du dernier s'évapore et abaisse sa température, tandis que la température de l'autre thermomètre reste fixe. Il arrive un instant où l'abaissement de température cesse ; on note alors la température des deux thermomètres, ainsi que la pression atmosphérique ; avec ces trois éléments et la force élastique de la vapeur saturée à la température indiquée par le thermomètre mouillé, laquelle se trouve dans la Table des tensions de la vapeur d'eau à diverses températures, on en déduit avec la formule d'August la tension de la vapeur dans l'air au moment de l'observation. Cette formule, dans laquelle M. Regnault a changé les nombres relatifs à la dilatation et aux forces élastiques, a pour expression

$$x = f' - \frac{0,429\,(t - t')\,h}{610 - t'}.$$

t et t' représentent les températures des thermomètres sec et humide ;

h la pression atmosphérique ;

f' la force élastique de la vapeur saturée à la température t' ;

x la force élastique de la vapeur d'eau dans l'air à l'instant de l'observation.

L'appareil de Gay-Lussac a été appelé psychromètre.

Des Tables ont été construites pour éviter la réduction de cette formule dans chaque cas particulier et à l'aide desquelles on déduit x quand on connaît t, t', h et f'.

On conçoit très-bien qu'en remplaçant dans le psychromètre chaque thermomètre par un thermomètre électrique et y ajoutant divers accessoires, on puisse transformer le psychromètre ordinaire en un psychromètre électrique, qui a l'avan-

tage sur l'autre de pouvoir donner la tension de la vapeur d'eau dans l'air, à diverses hauteurs au-dessus du sol sans sortir de l'observatoire, avantage qu'on ne saurait obtenir avec le psychromètre ordinaire, qui ne peut être employé que dans des lieux où la lecture des thermomètres est possible. En ne formant qu'un seul circuit avec les deux et opposant l'un à l'autre les deux courants thermo-électriques, on obtient dans ce cas immédiatement la différence de température entre le thermomètre sec et le thermomètre humide; mais alors il faut faire usage d'une Table construite à cet effet qui contient les rapports entre les déviations de l'aiguille aimantée du galvanomètre et les intensités du courant, correspondant aux différences de température; mais, comme cette Table varie avec le degré de magnétisme des aiguilles, il faut mieux faire usage de la méthode des compensations employée dans la thermométrie électrique; néanmoins la première peut servir à diverses vérifications.

Je me borne, dans l'extrait de ce Mémoire, à décrire le procédé, sans parler des résultats que j'ai obtenus dans diverses expériences et qui mettent en évidence les avantages de la méthode.

Le psychromètre électrique servira utilement, je le répète, à déterminer avec une grande exactitude le degré d'humidité de l'air depuis le sol jusqu'à des hauteurs que peut atteindre l'extrémité des mâts destinés à fixer l'une des soudures de chacun des deux thermomètres électriques qui composent cet instrument.

NOUVEAU MÉMOIRE

SUR LA

COLORATION ÉLECTRO-CHIMIQUE

ET LE DÉPOT DE PEROXYDE DE FER

SUR

DES LAMES DE FER ET DE CUIVRE.

Le fer, comme on sait, possède la singulière propriété, quand il est resté plongé, pendant quelques instants, dans l'acide nitrique concentré, de ne pas être attaqué par cet acide, ni par d'autres agents oxydants. On développe encore cette propriété anomale du fer : 1° en le chauffant au rouge ; 2° en le plongeant dans de l'acide nitrique, en contact avec une lame ou un fil de platine, de manière à constituer un couple voltaïque : l'effet est beaucoup plus certain qu'avec la simple immersion ; 3° en le plongeant, mis préalablement en communication avec le pôle positif d'une pile, dans l'a-

cide nitrique, et fermant le circuit avec un fil de cuivre, en relation avec le pôle négatif, ce fil plongé en premier lieu.

Lorsque l'on prend pour couple voltaïque le fer en contact avec le cuivre ou le zinc, le fer est attaqué parce qu'il est seulement positif.

On est porté à croire que lorsque le fer est rendu inactif, il se dépose sur sa surface une couche d'oxygène qui se trouve dans un tel rapport avec les molécules de cette surface, que celle-ci se trouve préservée de l'action oxydante de l'acide. Ce qui tend à faire admettre cette explication, c'est cette considération que le fer devient inactif, aussitôt qu'il a fonctionné comme électrode positive, et que sa surface par conséquent est recouverte d'oxygène.

Des lames d'or, de platine ou de cuivre colorées électro-chimiquement avec le peroxyde de plomb peuvent être préservées également de toute altération par des procédés analogues, dont il va être question plus loin; mais avant de les exposer j'entrerai dans quelques détails historiques sur le mode de coloration électro-chimique.

Nobili a obtenu avec la pile et diverses dissolutions des anneaux colorés sur l'or, le platine, l'argent et le laiton, tantôt au pôle positif, tantôt au pôle négatif, suivant la nature du métal et celle de la dissolution. Ces anneaux étaient concentriques et semblables à ceux que Priestley a produits en recevant des décharges de batteries électriques sur des plaques métalliques au moyen de pointes également métalliques, dirigées perpendiculairement à la surface.

Nobili opérait de la même manière : il concentrait le courant qui arrivait par l'une des électrodes de la pile en un fil de platine, dont la pointe seule plongeait dans le liquide

à décomposer et placée perpendiculairement au-dessus d'une lame de métal plongeant dans la même dissolution et en communication avec l'autre pôle. Je rapporterai quelques-uns des résultats qu'il a obtenus.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Dissolution de sulfate de cuivre.
Fil de platine négatif.
Lame d'argent positive.

Résultats : Quatre ou cinq cercles concentriques alternativement clairs et obscurs. Ces cercles sont dus évidemment soit à l'oxydation de l'argent, soit à une combinaison d'oxyde d'argent et d'oxyde de cuivre, soit à un sulfate basique d'argent.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Même dissolution.
Fil de platine positif.
Lame d'argent négative.

Résultats : Trois petits cercles concentriques; le plus grand et le plus petit d'un rouge foncé, le cercle intermédiaire d'une teinte plus claire ; ces trois cercles sont formés de cuivre métallique, dont l'épaisseur diminue en s'éloignant du centre.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Même dissolution.
Fil de platine négatif.
Lame de laiton positive.

Résultats : Traces légères de cercles concentriques de la couleur du laiton; les uns plus clairs, les autres moins clairs et alternant ainsi entre eux.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Dissolution de sulfate de zinc.
Fil de platine négatif.
Lame d'argent positive.

Résultats : Tache obscure au centre, cercle jaune et clair, puis cercle d'un bleu léger, et enfin belle zone tirant sur le jaune.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Même dissolution.
Lame de laiton négative.
Fil de platine positif.

Résultats : Cinq petits cercles provenant du cuivre mis à découvert par l'action du courant, et présentant deux teintes alternativement, l'une claire, l'autre sombre.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

Dissolution du sulfate de manganèse.
Fil de platine négatif.
Lame d'argent positive.

Résultats: Cinq cercles concentriques alternativement clairs et foncés, le cinquième plus distant que les autres et entouré

d'une auréole d'un jaune qui se fond en une teinte violacée. Ces cercles ont de l'analogie avec ceux que donne le sulfate de cuivre, et mettent en évidence l'oxydation de l'argent et sa combinaison avec l'acide sulfurique provenant de la décomposition du sulfate de manganèse.

SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Dissolution d'acétate de plomb.
Lame colorée de platine positive.
Fil de platine négatif.

Résultats: Iris concentriques composés d'anneaux naissant les uns des autres et se propageant à la manière des ondes. Ces anneaux sont dus à la peroxydation du plomb.

HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Dissolution d'acétate de cuivre.
Lames d'or, d'argent et de platine positive.
Fil de platine négatif.

Résultats : Il ne se produit rien de remarquable, attendu que le cuivre ne se peroxyde pas.

NEUVIÈME EXPÉRIENCE.

Dissolution semblable.
Lame d'argent négative.
Fil de platine positif.

Résultats : On observe souvent quatre cercles concentriques qui exposés à l'air, prennent les teintes suivantes : bleu

foncé au centre, puis jaune rougeâtre présentant une autre nuance que la seconde teinte.

Les dépôts formés sur la lame d'argent sont composés uniquement de cuivre métallique, lequel étant en couches excessivement minces, s'oxyde au contact de l'air en produisant des anneaux colorés.

Nobili a soumis aussi à l'expérience diverses dissolutions salines, les unes à base alcaline, les autres de nature organique.

Avec une dissolution d'acétate de potasse et une lame d'argent positive, il a obtenu un cercle au milieu de trois cercles de un centimètre de diamètre, entouré d'un filet d'argent très-brillant, auquel succède une auréole de diverses couleurs, mais faible. Le suc de carotte sur une lame d'argent positive donne un centre obscur, entouré de deux cercles, l'un jaunâtre, l'autre verdâtre, puis diverses zones fortement colorées.

Nobili a tiré les conséquences suivantes des nombreuses expériences qu'il a faites, et dont je viens de rapporter quelques-unes, en opérant tantôt sur une lame de métal positive, tantôt sur une lame négative.

1° Il existe une différence entre le mode d'action des deux pôles, relativement à la faculté qu'ils possèdent de se couvrir de dépôts produisant des teintes colorées. Le pôle positif l'emporte de beaucoup sur le pôle négatif, surtout à l'égard des matières organiques;

2° L'effet du pôle négatif augmente en général avec l'intensité du courant, ou bien quand on emploie un mélange de sels métalliques et de sels alcalins. Nobili, au surplus, s'est exprimé en ces termes (*Ann. de physique et de chimie*, 2ᵉ série, t. XXXIV, p. 287) :

« Si les iris proviennent, comme cela pourrait être, de « quelques-unes des substances électro-négatives de la dis- « solution, lesquelles se déposent en lames minces à la sur- « face de ces deux métaux, pourquoi n'en arriverait-il pas « autant avec les autres métaux ; c'est là peut-être une ques- « tion qui n'est pas indigne de la sagacité des chimistes. »

J'ai tenu à rapporter avec quelques détails les principaux résultats obtenus par Nobili sur la production des anneaux colorés au moyen des courants électriques, non-seulement pour montrer où en était la question de la coloration chimique quand j'ai commencé à m'en occuper, mais encore dans le but d'indiquer le parti que l'on peut tirer du procédé que je viens de décrire, pour reconnaître les produits que l'on peut obtenir avec les courants agissant comme force électro-chimique, pour opérer des combinaisons ou des décompositions, en faisant varier cette force régulièrement et par degrés pour ainsi dire insensibles, depuis le maximum d'effet qu'on peut lui donner, jusqu'à ce qu'elle cesse d'agir visiblement, afin d'avoir la suite non interrompue de tous les produits résultant de l'action électro-chimique et qui dépendent, comme on sait, de l'intensité du courant et de l'affinité des éléments déposés sur les corps qui constituent les électrodes. J'exposerai dans un autre Mémoire les résultats que j'ai obtenus dans ces nouvelles recherches.

Mes premières observations sur la coloration électro-chimique datent de 1843. Elles avaient pour but de déposer électro-chimiquement, sur des lames d'or, de platine, d'argent ou de cuivre, des couches minces et uniformes de peroxyde de plomb, présentant successivement les riches couleurs des anneaux colorés de Newton. Le procédé consiste

à plonger dans une dissolution alcaline de protoxyde de plomb la pièce de métal à colorer, mise en communication avec le pôle positif d'une pile à acide nitrique composée de trois ou quatre couples, et fermant le circuit avec un fil de platine introduit dans un tube de verre et soudé à la lampe par le bout libre, dont l'extrémité seulement plonge dans la dissolution ; ce fil est mis en relation avec le pôle négatif.

Le protoxyde de plomb, en contact avec l'électrode positive, se suroxyde, devient insoluble dans la dissolution alcaline et se dépose avec adhérence en couches excessivement minces sur les lames métalliques positives. La coloration effectuée, la pièce est retirée, lavée et séchée à la sciure chaude ; mais, peu à peu, la coloration s'affaiblit, le peroxyde passant au contact de l'air à l'état de protoxyde, et finit avec le temps par disparaître entièrement. On ne la conserve intacte qu'autant que les pièces préparées sont soustraites aux influences atmosphériques, ou bien qu'on les recouvre d'un vernis préparé de manière à ne pas attaquer le peroxyde; néanmoins, quelles que soient les précautions que l'on prenne dans la préparation, les couleurs éprouvent une légère altération lors de l'application du vernis.

Cette altération est la seule cause qui ait empêché jusqu'ici que la coloration électro-chimique ait passé dans l'industrie.

Plus tard, j'ai déposé sur le fer des couches adhérentes et uniformes de peroxyde de plomb et de fer, assez épaisses pour ne plus présenter la teinte des anneaux colorés, mais bien celle des couleurs propres aux oxydes de ces métaux, et qui paraissaient assez stables.

Pour l'intelligence des faits qui sont exposés dans ce Mé-

moire, je rappellerai encore mes expériences sur la précipitation de certains métaux de leur dissolution par d'autres métaux plus oxydables (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XVIII). J'ai montré, dans ce Mémoire, que, pour déposer en lames minces, par immersion, sur le cuivre, avec adhérence, du platine, du cobalt ou du nickel, il fallait opérer avec des dissolutions aussi neutres que possible de double chlorure alcalin et métallique, à la température de 60 à 70°.

Lorsque l'on plonge une lame de cuivre parfaitement décapée dans une dissolution étendue de double chlorure de potassium et de platine, la surface du cuivre prend d'abord un aspect terne, puis devient brillante immédiatement après et le platiné est achevé. On retire les pièces, on les lave rapidement et on les sèche à la sciure. Si au lieu d'opérer ainsi, on laisse les pièces immergées dans la dissolution platinique, le platine déposé se détache peu à peu en lamelles, en raison de la réaction de la dissolution sur le cuivre, au travers des interstices du platine déposé. Si, au lieu de prendre une dissolution dans l'eau de double chlorure de potassium et de platine aussi neutre que possible, on opère avec une dissolution qui contient une certaine proportion de chlorure de potassium, le double sel se précipite peu à peu et la précipitation est à peu près complète si elle en est saturée. Il est facile de s'en convaincre en versant dans une liqueur préparée pour le platiné une dissolution de chlorure de potassium. Cette propriété n'est pas sans quelque intérêt, comme on le verra quand on cherchera à purifier les liqueurs qui ont servi au platiné; elle peut être utilisée encore quand on veut obtenir le double chlorure dans un grand état

de pureté, après avoir précipité d'une dissolution le chlorure de platine par le chlorure de potassium; en lavant le précipité avec une dissolution de ce dernier sel, on enlève les autres précipités et on rend insoluble la petite quantité de double chlorure qui aurait pu être dissoute dans la liqueur.

Lorsque la dissolution qui a servi à platiner contient une certaine proportion de cuivre, si l'on précipite ce dernier avec de la potasse caustique, on augmente alors dans la dissolution la proportion de chlorure de potassium, ce qui entraîne la précipitation du double sel platinique restant.

La couche de platine déposée s'altère assez promptement à l'air; elle prend d'abord une teinte légèrement brunâtre, qui devient rougeâtre. Il est facile de connaître la cause de cette altération : en lavant la pièce platinée avec de l'acide acétique étendu et séchant ensuite avec de la sciure chaude, la surface du platine reste brillante pendant longtemps; ce n'est qu'au bout de plusieurs années que l'on s'aperçoit d'une légère altération. On obtient un résultat semblable en frottant la surface avec du coton et du rouge d'Angleterre. Dans les deux opérations, on enlève donc un composé qui s'altère à l'air. Ce composé ne peut être que du protochlorure de cuivre ou un double chlorure de platine et de cuivre qui se forme pendant le platiné; car on sait que lorsqu'on précipite d'une dissolution un métal par un autre métal plus oxydable, il se précipite en même temps du métal précipitant; ici, ce serait non un alliage, mais un double chlorure.

Ce qui tend à faire admettre la présence du protochlorure de cuivre sur la surface du platine, c'est cette considération qu'à l'air, sous l'influence solaire, il prend une teinte

semblable à celle de la surface du platiné altéré. J'ajouterai encore, comme preuve à l'appui, que lorsqu'on se sert comme d'électrode positive, pour décomposer l'eau, de la pièce platinée, sans avoir été lavée avec l'eau acidulée ou frottée avec le rouge d'Angleterre, la surface éprouve immédiatement, sous l'influence de l'oxygène dégagé, les changements de couleur dont on vient de parler, et l'on voit apparaître en outre les belles couleurs bleues et cramoisies des lames minces, qui semblent indiquer que le platine intervient dans cette coloration, car le protochlorure seul ne produit pas une coloration aussi intense.

Si l'on emploie les pièces comme électrodes, après les avoir passées à l'eau acidulée ou frottées au rouge d'Angleterre, l'oxydation a également lieu, ainsi que la production des belles couleurs dont on vient de parler, mais elles sont alors inaltérables. Au lieu d'employer l'électricité pour oxyder la surface, on emploie aussi avec succès la chaleur, en échauffant graduellement la pièce. La coloration produite ainsi est également inaltérable. Il est bien prouvé par les faits qui précèdent que les effets de coloration produits sur les surfaces de cuivre platiné sont bien dus à la présence d'un protochlorure de cuivre qui se dépose en même temps que le platine, peut-être aussi en combinaison avec du chlorure de ce métal.

On a vu précédemment qu'après le lavage à l'eau acidulée ou le frottement au rouge d'Angleterre, le platiné n'éprouvait plus qu'une faible altération avec le temps. Cette action lente est due à l'oxydation du cuivre au travers des interstices du platine, ces deux métaux constituant alors un couple voltaïque. Ce mode de préservation des couleurs formées sur

le cuivre platiné m'a engagé à l'appliquer aux objets en cuivre coloré avec le peroxyde de plomb, lequel mode consiste également à faire servir ces objets comme d'électrodes positives pour décomposer l'eau. Il suffit de les maintenir pendant quelques instants dans le circuit voltaïque, pour que leur coloration n'éprouve plus ensuite aucun changement à l'air. Or, le peroxyde de plomb ne pouvant éprouver aucune modification sous l'influence de l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau, on est conduit à admettre que la préservation est due à la couche d'oxygène excessivement mince déposée par le courant et qui agit ici comme l'oxygène qui recouvre le fer que l'on a plongé dans l'acide nitrique concentré pour le préserver.

Je ferai observer que si la pièce reste exposée longtemps à l'action du courant, ses belles couleurs bleues, rouges et cramoisies s'affaiblissent et passent à l'orangé et au jaune, couleurs qui, avant la préservation, s'altèrent et deviennent ensuite très-stables. Ne se formerait-il pas alors une combinaison d'oxyde de plomb et d'oxyde de cuivre?

Il est inutile de dire que si la pièce colorée est placée au pôle négatif, le peroxyde de plomb est réduit et la coloration disparaît aussitôt.

Au lieu d'opérer comme on vient de le dire, il vaut mieux adopter le procédé suivant, dont les avantages sont incontestables. On prend pour électrode négative un fil de platine introduit dans un tube de verre et soudé à la lampe à un des bouts. A l'extrémité libre du fil est fixée une petite boule en métal entourée de coton, de manière à former un tampon résistant. Veut-on colorer une pièce de métal? on la met en relation avec le pôle positif d'une pile et l'on pro-

mène le tampon sur la surface. De cette manière, l'action électro-chimique est plus active, plus régulière et plus complète. Le tampon, en parcourant la surface métallique, enlève continuellement les corps étrangers non adhérents, et, par suite, le protochlorure dont il a été parlé précédemment.

Ce tamponnage électro-chimique est employé utilement dans les cas où l'on veut obtenir beaucoup d'uniformité dans l'épaisseur des dépôts et dans les cas où l'adhérence est difficile à effectuer. Le tamponnage peut avoir lieu à l'un ou l'autre pôle.

En introduisant dans le tampon recouvert de toile le composé salin du centre, qui se trouve dans la dissolution et réduit en parties très-ténues, on maintient toujours à l'état de saturation la dissolution, ou du moins la portion de la dissolution qui est soumise immédiatement à l'action décomposante du courant.

Lorsqu'on dépose électro-chimiquement sur une lame d'or ou de platine une couche très-pure de ce dernier métal, ce dépôt n'éprouve aucune altération ; mais si la dissolution contient du cuivre, il n'en est pas de même : il se produit les effets de coloration dont il a été question plus haut, quand la lame sur laquelle s'est effectué le dépôt est employée comme électrode positive pour décomposer l'eau. Quand la quantité de cuivre est très-faible, l'acide nitrique agit très-lentement sur les couleurs produites.

Les dissolutions de platine et de plomb ne sont pas les seules qui produisent les effets de coloration qui viennent d'être décrits. La dissolution de double chlorure de potassium et de platine dans une solution d'hyposulfite de soude,

peut être employée avantageusement pour produire les mêmes effets. Les dépôts de platine contiennent du soufre, ce qui complique l'altération qu'ils éprouvent à l'air. La dissolution se décompose peu à peu, en laissant déposer une matière noirâtre, d'une ténuité extrême, qui paraît être du noir de platine. La pièce colorée doit être placée au pôle positif pour lui faire subir l'oxydation qu'elle éprouve sous les influences atmosphériques.

MÉMOIRE

SUR

LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE

DE LA

SILICE ET DE L'ALUMINE.

Ayant repris depuis déjà quelque temps les expériences que j'avais faites, il y a une trentaine d'années, sur la reproduction des substances minérales, à l'aide de l'électricité à faible tension, j'ai été conduit, en opérant avec de l'électricité à forte tension et en adoptant des conditions nouvelles, à la découverte de faits intéressants qui montrent comment peut varier l'état moléculaire des substances, avec l'intensité du courant, la densité de la dissolution, et la présence dans cette dernière de diverses substances.

Je me suis attaché d'abord à la décomposition électrolytique d'une dissolution saturée de silice dans la potasse et

exempte de carbonate de la même base, afin d'éviter les effets secondaires résultant de la réaction de l'acide carbonique devenu libre au pôle positif sur la potasse ambiante, qui sature la silice, et d'où résulte une précipitation de silice; ces effets, quoique produits indirectement par l'électricité, sont du domaine de la chimie, quoiqu'on puisse les considérer comme appartenant aussi à l'électrochimie.

Avant d'exposer les résultats que j'ai obtenus, je crois opportun de rappeler ce que nous savons sur les silices naturelles et artificielles, en prenant pour guide les intéressantes recherches de notre confrère M. Fremy sur les silices en général (*Ann. de Physiq. et de Chim.*, 3e série, t. LXXVIII). Ces recherches l'ont conduit aux résultats suivants : la résinite, l'opale, la geysérite, sont des combinaisons de silice et d'eau qui retiennent encore une quantité notable de ce liquide, quand elles ont été desséchées dans le vide ou chauffées à 140 degrés; ces substances jouissent en outre de la propriété d'être solubles dans la potasse très-concentrée, propriété que ne possède pas le quartz ou silice anhydre.

Tous les hydrates naturels de silice sont poreux, même l'opale; la quantité d'eau qu'ils contiennent varie de 6 à 12 pour 100.

Quant à l'hydrate de silice artificielle obtenu soit en précipitant une dissolution alcaline par un acide, soit en décomposant le fluorure de silicium par l'eau, ou en employant tout autre procédé, on obtient toujours la silice hydratée $Si\,O^3\,HO$ contenant 16,2 pour 100 d'eau.

La silice anhydre obtenue en exposant à l'air le sulfure de silicium diffère du quartz en ce qu'elle est soluble dans une solution étendue de potasse, tandis que le quartz ne l'est pas.

Elle cristallise en aiguilles soyeuses, flexibles, ayant de la ressemblance avec l'asbeste; ces aiguilles sont en outre criblées d'un grand nombre de petites cavités provenant du dégagement du gaz sulfhydrique.

Quand on évapore dans le vide la dissolution siliceuse provenant de l'action de l'eau sur le sulfure de silicium, on a encore la silice $Si O^3 HO$, très-dure et poreuse; en la plongeant dans l'eau, elle en absorbe une certaine quantité, en déterminant un fendillement accompagné de décrépitations très-vives. Il est des cas où il perd la moitié de son eau, et alors, comme l'observe M. Fremy, sa composition se rapproche beaucoup de celle des opales qui contiennent de 8 à 9 pour 100 d'eau.

Les faits que je viens de rappeler serviront à comparer les diverses silices dont il vient d'être question, avec de la silice obtenue électrolytiquement, laquelle constitue probablement une autre variété, attendu d'une part que si cette substance a de nombreux points de ressemblance avec les hydrates naturels, elle en diffère néanmoins à certains égards.

On obtient cette silice comme il suit: On prend une dissolution parfaitement saturée dans la potasse, exempte de sesquicarbonate et marquant 30 degrés à l'aréomètre; on la fractionne en l'étendant d'eau de manière à avoir des dissolutions variant de densité, de deux degrés en deux degrés; puis l'on soumet successivement chacune d'elles à l'action d'une pile composée de 40 couples à sulfate de cuivre, dont on fait varier également le nombre afin de déterminer l'influence qu'exercent d'une part la densité de la dissolution, de l'autre l'intensité du courant, sur la décomposition électrolytique. Dans cette dissolution, la silice joue le rôle d'acide et l'alcali

celui de base ; conséquemment la première doit se déposer sur l'électrode positive et la potasse sur l'électrode négative; mais comme la potasse devenue libre attaquerait la silice déposée, on place l'électrode négative dans un diaphragme de porcelaine dégourdie rempli de la même dissolution et plongeant dans celle où se trouve l'électrode positive. Cette précaution était indispensable, comme on va le voir : les dimensions des deux électrodes dépendent du mode d'action du courant sur le silicate de potasse ; l'électrode positive consiste en un fil de platine d'un très-petit diamètre, et l'électrode négative en une lame de même métal de plusieurs centimètres de surface ; la différence est aussi grande entre les dimensions des deux électrodes, parce que l'expérience a démontré qu'en fixant la lame à un fil de platine plongeant en partie dans la dissolution, le dépôt de silice s'effectue de préférence sur le fil plutôt que sur la lame. Or la quantité d'électricité qui passe en même temps dans la lame et dans le fil, à longueur égale, étant la même, l'intensité du courant se trouve être plus grande dans ce dernier que dans l'autre, condition qui est favorable à la décomposition électrolytique du silicate de potasse, laquelle n'a lieu qu'autant que le courant a une intensité suffisante pour donner de la cohésion au dépôt de silice.

La pile dont j'ai fait usage est celle à sulfate de cuivre, dans laquelle les cristaux de sulfate sont placés dans un ballon de verre rempli de la dissolution de ce sel et dont le col plonge dans le diaphragme en porcelaine dégourdie où se trouve déjà une dissolution semblable avec une lame de cuivre. Le zinc amalgamé plonge dans de l'eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique ou simplement dans de l'eau

ordinaire. Une pile ainsi montée fonctionne, comme on sait, pendant plusieurs mois sans qu'il soit nécessaire d'y faire aucun changement, si ce n'est d'introduire de temps à autre des cristaux de sulfate de cuivre dans les ballons, ce qui se fait sans aucune difficulté.

Avec une dissolution de silicate de potasse marquant 30 degrés et une pile à sulfate de cuivre composée de dix couples, la dissolution est décomposée en ces deux éléments, silice et potasse; la silice se dépose lentement sur le fil positif, en formant des couches concentriques translucides. Avec une dissolution marquant 12 degrés aréométriques, l'action au contraire est rapide et en deux heures il se forme quelquefois un nodule de silice vitreuse de 1 centimètre de diamètre, transparente et opaline, avec une teinte laiteuse bleuâtre comme l'opale. Plus le vase qui contient l'électrode positive est grand et contient de dissolution, plus le nodule est gros; j'en ai obtenu en deux jours du volume d'un œuf de poule. Avec quarante couples la silice est plus compacte et moins transparente. Le courant est-il interrompu, la silice déposée se redissout peu à peu dans la potasse : ce fait prouve qu'elle est conductrice de l'électricité et qu'elle peut s'accroître par l'addition de nouvelles couches de silice.

Les nodules ou dépôts de silice sont remplis d'un très-grand nombre de cavités cylindroïdes dues au dégagement de l'oxygène autour de l'électrode positive, lequel gaz se fait jour au travers de la silice au fur et à mesure qu'il se dégage. Ces cavités s'opposent à ce que la substance ait de la cohésion dans toutes ses parties; aussi en se desséchant se désagrége-t-elle en fragments plus ou moins petits. Si, au lieu d'opérer avec une pile de dix éléments, on diminue succes-

sivement le nombre jusqu'à trois, on voit la quantité de silicate décomposée diminuer, et à trois couples, l'eau seule est décomposée.

En soumettant à l'expérience des dissolutions d'un degré supérieur à 30 degrés et même en allant jusqu'à ce qu'elles aient une consistance sirupeuse, la décomposition devient de plus en plus lente, effets qu'il faut attribuer peut-être à la mauvaise conductibilité des dissolutions. La silice en même temps devient plus dense et perd l'aspect opalin.

Vient-on à supprimer le diaphragme en porcelaine dégourdie, la décomposition électrolytique a également lieu; mais, quelque temps après, la potasse devenue libre réagit sur la silice déposée et la dissout, en partie du moins; l'opération semble rester alors stationnaire.

Il n'a été question jusqu'ici que de la décomposition électrolytique d'une dissolution de silicate de potasse aussi neutre que possible et exempte de sesquicarbonate de la même base; mais si l'on ajoute par petite portion une dissolution de ce sel, on observe que la silice perd de sa cohésion, et qu'il arrive un instant où le dépôt est tout à fait gélatineux, de sorte que l'on passe par tous les degrés de cohésion, depuis l'état gélatineux jusqu'à l'état de dureté suffisant pour rayer le verre.

En ajoutant de l'alcool à la dissolution de silicate de potasse, il se produit les mêmes effets qu'avec le sesquicarbonate.

On conçoit pourquoi la présence du sesquicarbonate de potasse dans la dissolution de silicate change l'état moléculaire de la silice : le courant opère non-seulement la décomposition du silicate de potasse, mais encore celle du sesquicarbonate; le gaz acide carbonique devenu libre au pôle

positif sature une portion de la potasse qui s'y trouve, d'où résulte la précipitation de la silice, qui était combinée avec la potasse ; cette précipitation donne de la silice d'autant plus gélatineuse qu'il se trouve une plus forte proportion de sesquicarbonate dans la dissolution. L'alcool donne lieu à des effets semblables, probablement en raison des effets secondaires produits.

La silice obtenue électrolytiquement possède les propriétés physiques et chimiques suivantes : Desséchée dans l'air, à une douce chaleur ou dans le vide, elle raye le verre sur lequel on la frotte avec une lame mince de platine. Elle se fendille en se desséchant, à cause de sa grande porosité, tandis que de petites masses de cette substance restent entières et translucides en les conservant dans l'eau.

Quand elle est sèche, elle est opaque et d'un blanc laiteux ; mais, aussitôt qu'on la projette dans l'eau, l'air interposé dans les interstices se dégage et est remplacé par ce liquide : la substance devient alors translucide comme une belle hydrophane. Le phénomène se reproduit indéfiniment, en faisant sécher la silice et la replongeant ensuite dans l'eau. C'est donc une hydrophane artificielle. Plus la silice est transparente, ce qui arrive quand la résistance dans le circuit augmente, plus sa dureté devient grande, et elle raye alors le verre avant d'avoir été desséchée.

On a remarqué que, lorsque l'expérience dure plusieurs jours, le dépôt devient plus considérable et le courant passe avec plus de difficulté ; le dégagement d'oxygène est alors à peine sensible, tant ce gaz est divisé en bulles imperceptibles qui traversent les interstices dont la masse de silice est criblée ; les parties en contact avec les parois du vase devien-

nent de plus en plus transparentes et y adhèrent fortement : cette silice est soluble dans la potasse. Lavée à l'eau distillée acidulée avec de l'acide acétique pour enlever la potasse qui se trouve dans ses interstices, puis relavée à diverses reprises jusqu'à ce qu'elle ne rougisse plus le papier de tournesol, et plongée ensuite dans une dissolution très-concentrée d'oxyde de cuivre dans l'ammoniaque, elle absorbe rapidement l'ammoniure de cuivre qui la colore en très-beau bleu, que des lavages successifs et une dessiccation à une douce chaleur n'enlèvent pas ; chauffée au rouge, la couleur bleue se change en un vert foncé qui est celle du silicate de cuivre naturel. Une dissolution de nitrate de cobalt dans l'ammoniaque donne à la silice électrique une couleur d'un très-beau violet éclatant; à la chaleur rouge, elle perd sa teinte violacée en conservant sa couleur bleue; au rouge blanc soutenu dans un fourneau à vent pendant une heure, la couleur devient lilas clair. La silice prenant immédiatement la couleur bleue dans son contact avec la dissolution ammoniacale de nitrate de cobalt concentrée et la conservant à la température rouge, alors que l'ammoniaque a été volatilisée, on doit admettre que l'oxyde de cobalt s'est combiné avec la silice.

L'oxyde de nickel donne à la silice une couleur vert-clair qui présente l'aspect de la prase. D'autres oxydes et diverses matières colorantes d'origine végétale la colorent également et paraissent former des composés en proportions définies, analogues à ceux que M. Chevreul rapporte à l'affinité capillaire.

La silice gélatineuse ordinaire, en contact avec la dissolution ammoniacale de cuivre, ne se comporte pas comme

la silice électrique; elle prend bien d'abord une teinte bleue, mais cette teinte ne persiste pas comme dans cette dernière silice, puisqu'elle devient lilas clair en se desséchant; les effets sont donc tout à fait différents avec l'une et l'autre substance. Desséchée dans le vide pendant plusieurs jours pour enlever l'eau interposée et déterminer la quantité d'eau de combinaison, on a trouvé :

Silice desséchée........................	0,768
Silice après calcination au rouge blanc........	0,668
Perte d'eau.......	0,100

La perte d'eau est donc égale à 13,02 pour 100; or l'hydrate de silice SiO^3 en contient 16,2 pour 100; la différence est de 3,2, elle eût été plus forte peut-être en poussant plus loin la dessiccation.

La quantité d'eau de combinaison qui se trouve dans la silice électrique est donc moindre que dans la silice $Si\,O^3$. Si l'on ajoute à cette différence celles qui sont relatives à la porosité, à la dureté, à l'hydrophanéité, à la faculté que possède la silice électrique de se combiner avec les oxydes métalliques, en vertu de l'affinité capillaire, de toute autre manière que la silice $Si\,O^3$, on en tirera la conséquence qu'elles diffèrent l'une de l'autre et qu'elles n'ont de commun que la solubilité dans une dissolution alcaline et la propriété de ne pas présenter le phénomène de la double réfraction.

La dissolution d'aluminate de potasse, soumise à l'action électrolytique, ne m'a encore rien présenté d'entièrement satisfaisant; aussi je me réserve d'en entretenir l'Académie dans

un autre Mémoire. Cependant je prends la liberté d'appeler son attention sur les résultats que j'ai obtenus avec une dissolution saturée de silicate de potasse en prenant pour électrode positive un fil d'aluminium, et pour électrode négative une lame de platine, puis disposant l'appareil de décomposition comme il a été dit précédemment. En agissant ainsi, j'avais pour but, en oxydant l'aluminium, d'éviter le dégagement d'oxygène et de présenter l'alumine à l'état naissant à la silice, qui se déposait sur l'électrode positive par suite de l'action électrolytique; il devait résulter de là un hydrate d'alumine mélangé de silice ou bien un silicate d'alumine; il s'est formé sur les fils ou lames d'aluminium un dépôt vitreux assez abondant.

Cette substance, lavée et desséchée à l'étuve, se divise en raison de sa grande porosité, les fragments et la poussière rayent non-seulement le verre, mais encore le quartz. Il est remarquable de voir une substance formée rapidement acquérir une aussi grande dureté.

L'analyse a donné la composition suivante :

Alumine.......	69,70
Silice.........	12,30
Eau..........	18,00
	100,00

On voit sur-le-champ que cette formule ne convient pas à un silicate d'alumine, attendu qu'il faudrait 58,88 de silice au lieu de 12,30 que l'on a trouvés; la silice n'est donc qu'interposée. En la supprimant ainsi que l'eau combinée avec 2,44, on a :

Alumine.......	69,70
Eau..........	15,66
	85,36

ou en rapportant tout à 100,

Alumine.......	81,65
Eau..........	18,35
	100,00

Or la substance minérale dont la composition se rapproche le plus de celle-ci est le diaspore ($Al^2O^2 + HO$), qui a pour composition

Alumine........	85,1
Eau...........	14,9
	100,0

En admettant encore que la substance n'ait pas été parfaitement desséchée, on aurait une composition qui serait à peu près la même; il y aurait cette différence toutefois que le diaspore est cristallisé, et possède presque la dureté du quartz, tandis que l'alumine hydratée électrique est vitreuse avec tendance à la cristallisation, sans avoir la double réfraction; elle raye le quartz comme le diaspore.

Si l'on substitue à l'électrode positive d'aluminium une électrode de cuivre, de fer ou de plomb, on forme des silicates dont je ferai connaître à l'Académie, dans un autre Mémoire, la composition et les propriétés physiques.

SIXIÈME MÉMOIRE

DE LA

TEMPÉRATURE DE L'AIR

ET DE CELLE DES

COUCHES SUPERFICIELLES DE LA TERRE

CHAPITRE PREMIER.

Dans mon précédent Mémoire sur la température de l'air depuis $1^m,33$ au-dessus du sol au Nord et au Midi, jusqu'à 21 mètres, se trouvent consignées les observations que j'ai faites au Jardin des plantes, concurremment avec le thermomètre électrique et le thermomètre ordinaire ; mon but était particulièrement de montrer que cette température, dans le lieu où étaient placés les instruments, allait en augmentant jusqu'à une certaine hauteur, suivant la nature du sol et

dont la limite n'est pas encore connue, fait déjà observé et que l'on attribue à l'influence terrestre, qui diminue en s'éloignant du sol. Au delà la température va toujours en diminuant jusqu'à la limite de l'atmosphère.

Les observations avaient été faites à 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir; les moyennes à chacune des trois stations, ainsi que les moyennes de leurs sommes, ont permis d'en déduire l'accroissement de température avec la hauteur, et de montrer en même temps combien on éprouve de difficultés à trouver la température moyenne d'un lieu dégagée des influences terrestres. Les moyennes des observations de 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir, à part les effets des causes perturbatrices, ne représentent pas exactement la température moyenne de l'air, à chacune des stations, telles qu'on les considère, attendu que la température de 3 heures, à l'instant du maximum de la journée et qui a été introduite dans le calcul, a dû donner une moyenne un peu trop forte.

Dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie, j'ai consigné toutes les observations faites en 1861 et 1862 aux trois stations précédemment indiquées, ainsi que celles relatives à $1^{m},26$ et 3 mètres au-dessous du sol pendant 1862, avec les résultats de la discussion à laquelle elles ont donné lieu, de sorte que l'on a pu étudier le mouvement de la chaleur, depuis 20 mètres au-dessus du sol jusqu'à 3 mètres au-dessous, à l'exception toutefois de ce qui concerne la température de la partie superficielle du sol, dont les variations dépendent de la nature et de l'état physique de ses parties, dont je vais m'occuper avec le thermomètre électrique.

Je me suis d'abord occupé de la détermination de la température moyenne réelle, à chacune des stations, avec autant d'exactitude qu'il a été possible.

On détermine la température moyenne diurne du lieu où est l'instrument, et non d'un lieu peu éloigné, qui n'est pas soumis aux mêmes influences terrestres, en prenant les moyennes des observations faites à deux heures homonymes, également éloignées de minuit et de midi, telles que 9 heures du matin et 9 heures du soir, ou bien, la moyenne du maximum et du minimum de la journée, avec la correction que les observations horaires ont rendue indispensable, cette moyenne étant un peu plus forte que celle déduite de ces dernières.

La formule suivante, de M. Kamtz, qui est généralement adoptée, permet de faire facilement cette correction.

$$t = n + c\,(m - n)$$

t est la température moyenne.

m le maximum diurne.

n le minimum diurne.

c coefficient constant pour le même mois, mais variable d'un mois à l'autre.

M. Edmond Becquerel a transformé cette formule en une autre d'un emploi plus facile.

Le coefficient c est peu différent de $\frac{1}{2}$, car, lorsqu'il atteint cette valeur, on a :

$$t = \frac{m + n}{2}$$

Cette valeur est la moyenne du maximum et du minimum.

La transformation dont il est question donne immédiate-

ment la quantité qu'il est nécessaire de retrancher de la moyenne $\frac{m+n}{2}$ pour avoir la température réelle t, qui n'atteint pas en général $\frac{1}{2}$ de degré; on aura :

$$x = \frac{m+n}{2} - t = \frac{m+n}{2} - n - c\left(m-n\right) = \left(m-n\right)\left(\frac{1}{2} - c\right)$$

Si l'on fait $\frac{1}{2} - c = d$, qui est une fraction assez petite, on aura :

$$x = d\ (m - n).$$

La fraction à retrancher de $\frac{m+n}{2}$ est donc le produit de d par l'oscillation diurne de la température. Cette fraction d est en général variable avec la localité; peu de tables ont été faites pour sa détermination; M. Ed. Becquerel a adopté comme valeur approchée à Paris pour l'année moyenne 0°, 030.

Les observations relatives aux stations, à 16^{m},25 et 21 mètres au-dessus du sol, faites avec le thermomètre électrique, ne donnent pas les maxima et les minima diurnes, mais seulement les températures horaires ; tandis qu'à 1^{m},33 au nord où il n'y a pas de thermomètre électrique, mais bien un thermomètre ordinaire et deux thermomètres, l'un à maxima, l'autre à minima, on a pu trouver les moyennes mensuelles et annuelles par les deux méthodes. Les tableaux consignés dans les pages 625 à 642 contiennent les observations faites du 1er avril 1862 au 1er décembre suivant, à 1^{m},33 au-dessus du sol, au nord et au midi, à 6 heures et 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir, puis celles faites aux mêmes heures à 16^{m},25 et 21 mètres au-dessus du sol. Ces observations, réunies à celles qui se trouvent dans le précédent

Mémoire, complètent les deux années météorologiques 1861 et 1862.

Les moyennes mensuelles des observations de 1861, à 9 heures du matin et 9 heures du soir, ainsi que celles de 1862 aux mêmes heures, se trouvent consignées dans les tableaux, pages 619 et 620.

On déduit de ces moyennes les résultats suivants :

1861.	Température moyenne	au Nord, à $1^m,33$	....	10°,50
	Idem	id.	au Midi..................	12°,50
	Idem	id.	à $16^m,25$..................	11°,43
	Idem	id.	à 21 à la surface du marronnier	11°,67
1862.	Température moyenne	au Nord	....	10°,81
	Idem	id.	au Midi..................	12°,07
	Idem	id.	à $16^m,25$..................	11°,18
	Idem	id.	à 21..................	11°,52

On a donc pour les moyennes des deux années :

Température moyenne	au Nord à $1^m,33$	....	10°,70
Idem	id.	au Midi..........................	12°,28
Idem	id.	à $16^m,25$..........................	11°.30
Idem	id.	à 20^m..........................	$11^m,60$

Si l'on compare la moyenne au nord, de deux années d'observations, avec celle non corrigée que M. Arago a déduite d'observations de maxima et de minima faites à l'observatoire pendant 46 ans, de 1806 à 1851, et qui a pour valeur 10°, 72 (t. V, p. 559, Œuvres de Arago), on trouve une différence de 0°, 02; la correction réduisant 10°, 72 à 10°, 51, la différence est alors de 0°,19.

Cette différence est assez faible, quand on réfléchit surtout que la moyenne de deux années ne saurait représenter la

température du lieu, qui est la moyenne du plus grand nombre de moyennes annuelles qu'on a pu réunir.

Si l'on cherche la température au nord, pendant 1861 et 1862, avec les maxima et les minima diurnes, on a d'abord

1861	Maximum annuel	14°,95
	Minimum id.	6°,62
	Variation	8°,33
	Moyenne des maxima et des minima	10°,78
	Correction à retrancher	0°,25
	Température. moyenne réelle au Nord.	10°,53
1862	Maximum annuel	15°,29
	Minimum id.	6°,96
	Variation	8°,33
	Moyenne du maxim. et du minim.	11°,12
	Fraction à retrancher pour la correct.	0°,25
	Température réelle au Nord.	10°,87

La moyenne des deux années au nord est donc de 10°, 70.

La méthode directe avait donné 10°, 81 ; la différence n'est que de 0°, 11.

La température moyenne de 3 heures étant considérée comme approchant de la température maximum, on peut voir quelle est la différence entre ces deux valeurs :

Température moyenne du maximum.	15°,29
Température moyenne à 3h.	14°,49
Différence	0°,80

On voit par là qu'on ne peut prendre la température moyenne de 3 heures comme représentant exactement la température maximum moyenne, la différence étant de 0°, 80.

En comparant la moyenne des observations faites à 9 heures du matin, 3 et 9 heures du soir, aux trois stations, aux moyennes des observations de 9 heures du matin et de 9 heures du soir, pendant l'année météorologique 1862, on trouve en désignant N. A. M. les observations faites au nord, à 16, 25 et à 21 mètres.

Série de 9h du matin, 3h et 9h du soir.

	N.	A.	M.
	12°,04...	12°,25...	12°,86
	Série de 9h du matin et de 9h du soir		
	10°,81...	11°,18...	11°,52
Différences...	1°,23...	1°,33...	2°,34

Les chiffres de la première série excèdent de 1°, 23; 1°, 33; 2°, 34, les chiffres de la seconde série, qui représentent les températures réelles annuelles aux trois stations; ils ne peuvent donc servir qu'à établir les relations qui existent entre les températures aux trois stations, relations qui sont à peu près les mêmes que celles qui existent entre les températures réelles, en effet :

1re série.

A — N = 0°,48 M — N = 0°,82

2e série.

A — N = 0°,37 M — N = 0°,71

Rapport des différences de la 1re série. 10° : 17

Idem de la 2e série.. 10° : 19

Dans les précédents Mémoires on ne doit donc pas considérer les moyennes des températures observées à 9 heures du matin, 3 heures et 9 heures du soir, comme représentant les moyennes diurnes; néanmoins les différences calculées dans les deux cas s'écartent peu des véritables.

Ces rapports, quoique présentant quelque différence, n'indiquent pas moins que la température s'élève au fur et à mesure que l'on s'éloigne au-dessus du sol, jusqu'à la hauteur de 21 mètres au moins, fait déjà signalé par plusieurs météorologistes, et qu'il est important de bien établir, pour l'étude des climats.

A 21 mètres au-dessus du sol, à la périphérie du marronnier, la température de l'air est plus élevée qu'à 16^m,25 de 1°, 3 de degré, plus que ne le comporte la différence de niveau, mais cela tient, suivant toutes les apparences, d'après les expériences de Melloni, à l'échauffement de l'arbre sous l'influence solaire, par suite duquel il rayonne étant à basse température, plus de rayons absorbables qu'une source de chaleur ayant une température plus élevée. C'est par suite de ce principe que la neige fond plus promptement au pied des arbres et sur les branches qu'à une certaine distance.

Les observations à 6 heures du matin à 1^m,33 au nord et au midi, puis à 16^m,25 et à 21 mètres au-dessus du sol, pendant l'année météorologique 1862, ont donné des nombres qui sont sensiblement les mêmes qu'en 1861; en effet, le tableau, page 649, fournit les résultats suivants :

Température	moyenne	au Nord	à 1^m,33	8°,26
Idem	id.	au Midi	id.	8°,36
Idem	id.	id.	à 16^m,25	8°,20
Idem	id.	id.	à 20^m,00	8°,30

Les plus grandes différences sont de 0°,1, et les plus faibles de 0°,06; on peut donc considérer 6 heures du matin comme une heure critique dans la localité où j'ai observé, donnant des températures sensiblement égales à toutes les stations, soit avec le thermomètre ordinaire, soit avec le thermomètre électrique.

On remarque encore dans le tableau suivant, le fait connu, que juillet est l'époque de l'année où la température est la plus élevée, et le mois de janvier, celle où elle est la plus basse.

MAXIMA ET MINIMA MOYENS DE L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE 1861.

DATE.	MAXIMA.	MINIMA.
Décembre 1860	1°80	0°53
Janvier 1861	1,03	— 4,04
Février	7,49	3,41
Mars	11,64	3,93
Avril	14,56	4,53
Mai	18,46	8,11
Juin	24,16	14,05
Juillet	23,08	13,43
Août	26,34	14,14
Septembre	21,38	10,67
Octobre	17,74	8,33
Novembre	8,74	2,35
Moyenne de l'année	14,95	6,62

Moyenne des maxima et minima corrigés . . . 10°53
Variation 8,33

MAXIMA ET MINIMA MOYENS DE L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE 1862.

DATE.	MAXIMA.	MINIMA.
Décembre 1861	6°52	0°23
Janvier 1862	4,79	1,26
Février	8,21	1,35
Mars	13,56	4,47
Avril	16,83	6,40
Mai	21,46	10,92
Juin	21,24	11,23
Juillet	24,00	13,29
Août	22,37	12,33
Septembre	21,04	11,06
Octobre	16,17	8,25
Novembre	7,32	2,88
Moyenne de l'année	15,29	6,96

Moyenne des maxima et minima corrigés. . . 10°90
Différence ou variation. 8,36

Les observations de température faites pendant l'année météorologique 1862, du 1er décembre 1861 au 1er décembre 1862, confirment les conséquences que j'avais tirées de celles de 1861, à savoir que, pour avoir la véritable température d'un lieu, il faut se mettre à une hauteur suffisante pour être à l'abri de l'influence terrestre. On peut m'objecter à cet égard que, lorsqu'il s'agit de définir un climat sous le rapport de la température, il faut avoir égard

aux effets du rayonnement terrestre; cela est vrai, aussi peut-on dire que, dans chaque lieu, il y a deux températures moyennes : l'une, que j'appellerai réelle, qui est indépendante du rayonnement du sol et qui varie avec la latitude; l'autre, qui est dépendante de ce rayonnement et que j'appellerai température climatérique, parce que c'est celle qui caractérise le climat du lieu sous le rapport de la chaleur. La première s'obtient en plaçant les instruments à une certaine hauteur, hors de l'influence terrestre, la seconde, en n'observant pas la température sur un seul point, mais sur différents points de la même localité n'ayant pas tous le même pouvoir rayonnant, afin d'avoir une température moyenne obtenue sous l'influence de la moyenne du rayonnement terrestre. Cette température climatérique se compose de la température moyenne réelle et de la portion de température due au rayonnement terrestre, et à celui de tous les objets qui recouvrent sa surface; c'est cette température qu'il importe le plus de connaître pour la classification des climats.

CHAPITRE II.

DE LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

La méthode employée jusqu'ici pour étudier la distribution de la chaleur dans les couches superficielles de la terre jusqu'à la couche invariable consiste à placer, à diverses profondeurs au-dessous du sol, les réservoirs de thermomètres à très-longues tiges qui, traversant des couches de terre n'ayant pas la même température, n'éprouvent pas dans toutes leurs parties les mêmes effets de dilatation et de contraction, ce qui exige des corrections très-longues, en admettant toutefois une répartition uniforme de température dans les terrains traversés par les tiges, supposition qui n'est pas rigoureusement exacte; aussi ne peut-on pas avoir des déterminations de température à un dixième de degré près. Les observations directes, comme celles que l'on fait avec le thermomètre électrique, sont donc plus exactes que celles que l'on relève avec le thermomètre ordinaire.

Un grand nombre de causes s'opposent à ce que la propagation de la chaleur dans la terre, au-dessous du sol, soit uniforme ; j'en citerai quelques-unes, qui ne laisseront aucun doute à cet égard dans les esprits. Il faut donc se contenter,

faute de lois, des conséquences générales tirées des faits observés dans diverses localités.

J'ai montré que, pour avoir exactement la température de l'air, il fallait placer les instruments à une hauteur où ils ne fussent pas influencés par le rayonnement terrestre, hauteur qui varie d'un lieu à un autre suivant l'état du sol.

La température des couches superficielles de la terre est soumise également à l'action de causes perturbatrices qui tendent à l'élever ou à l'abaisser, causes relatives à la nature et à l'état du sol, à la saison des pluies, à des causes météoriques diverses; nous allons citer quelques faits à l'appui.

M. de Gasparin a constaté en 1860 que la plus grande perte des oliviers, dans le Midi, porta sur les arbres qui n'avaient pas été chaussés, ou dont la terre n'avait pas reçu de labour avant l'hiver. On voit donc que, lorsqu'on rompt la liaison des parties constitutives du sol, on diminue leur faculté conductrice pour la chaleur. Un labour avant l'hiver, au pied des arbres, avait donc préservé les racines des effets résultant d'un abaissement extrême de température, et par suite diminué le refroidissement des couches superficielles au-dessous du sol.

Les pluies, suivant qu'elles tombent en été ou en hiver, influent, comme M. L. de Buch l'a annoncé le premier, sur la température des sources, que l'on a cru pendant longtemps être égale à celle de l'air. Dans les régions septentrionales de l'Europe, comme la Norvége occidentale en est un exemple, la température des sources paraît inférieure à la moyenne du lieu; en s'éloignant de la mer, on trouve qu'au nord des Alpes, les sources sont plus chaudes que la moyenne

et que les différences augmentent en s'avançant dans les terres. En Italie et sous les tropiques, les sources sont plus froides que la moyenne de l'air.

Or, si l'on cherche à se rendre compte des causes qui produisent des effets si divers, on trouve en première ligne la quantité d'eau tombée dans chaque saison. L'eau, en s'infiltrant dans la terre, y porte nécessairement sa température, qui participe de celle de l'air qu'elle a traversé avant d'arriver au sol : ainsi en Angleterre, où la quantité d'eau tombée dans chaque saison est la même, la différence entre les deux températures doit être nulle. En Allemagne et en Suède, où il tombe plus d'eau en été qu'en hiver, les sources ont une température plus élevée de quelques degrés que la moyenne de l'air, tandis qu'en Norvége et en Italie, régions à pluies d'hiver, les effets sont opposés ; la température des sources étant influencée par celle des eaux pluviales, cette dernière doit nécessairement intervenir sur la température des couches de terre qu'elles traversent avant d'arriver aux couches imperméables où se trouvent les sources, qui sont quelquefois à d'assez grandes profondeurs.

Cette distribution des pluies ne peut manquer d'exercer une influence sur la température des couches superficielles de la terre.

Les observations de M. d'Aubrée sur la température des sources de la vallée du Rhin, dans la chaîne des Alpes et au Kaiserstahl (*Annales des mines,* 4e série, t. XV.), montrent également que des causes atmosphériques influent sur cette température; voici les conséquences auxquelles elles l'ont conduit :

1° Dans les Vosges et dans la Forêt-Noire, la température

des sources ne décroît pas uniformément avec l'augmentation d'altitude; la ligne par laquelle on peut représenter graphiquement son décroissement offre une inflexion brusque entre 280 et 360 mètres, c'est-à-dire vers la naissance des montagnes;

2° Dans la région du bassin du Rhin, à laquelle s'étendent les observations à toutes les hauteurs, il y a excès de température moyenne des sources sur celle de l'air. Cet excès paraît croître avec l'altitude;

3° Les sources qui dépassent d'une quantité notable, deux degrés seulement ou davantage, la température moyenne du lieu jaillissent de failles ou de dislocations;

4° Au milieu de l'uniformité générale de température des sources de la vallée du Rhin, du massif du Kaiserstahl, qui, formé de roches basaltiques, présente aussi dans l'ensemble de ses sources une anomalie remarquable, les dernières dépassent d'environ 2°,6 la température moyenne des sources situées à la même altitude.

Il semblerait donc que l'inégale répartition de l'eau météorique, quoique ayant une influence évidente sur la température des sources, n'est pas la seule cause qui contribue à élever leur température moyenne au-dessus de celle de l'air dans les régions froides, où la température de l'air descend habituellement pendant l'hiver au-dessous de la congélation de l'eau; en effet, l'eau qui tombe dans les mois froids à l'état de neige, et quelquefois à plusieurs degrés au-dessous, se réchauffe aux dépens de l'air et n'arrive pas dans les sources avec sa température première

A mesure que l'on s'élève dans les montagnes, où il tombe annuellement une forte proportion de neige, la température

des sources paraît diminuer moins rapidement que celle de l'air, c'est-à-dire que, dans les contrées tempérées et froides, l'excès de la température moyenne sur celle de l'air croît avec l'altitude.

Enfin, il faut prendre en considération la chaleur dégagée dans les réactions chimiques qui s'effectuent dans les roches en décomposition, et notamment dans les argiles où se trouvent des lignites en décomposition.

MM. Schlagintweit, dans leurs intéressantes recherches sur les isothermes dans les Alpes, tracées avec les températures des sources, ont constaté également que ces lignes se relèvent quand le relief augmente, en tournant leurs convexités vers les sommets. Ils ont remarqué, en outre, que l'influence des neiges est moindre que celle de la masse de terrain soulevée dans les différentes parties des Alpes.

Les faits que je viens de rapporter suffisent pour montrer combien il existe de causes qui s'opposent à une répartition uniforme de la chaleur solaire au-dessous du sol dans différentes localités peu éloignées, ce qui rend bien difficile de la représenter par une formule générale. J'arrive maintenant aux observations de température faites pendant l'année météorologique de 1862, à $1^{m},25$ et à 3 mètres au-dessous du sol, en mettant en regard celles qui ont été obtenues à $1^{m},33$, $16^{m},25$ et 21 mètres au-dessus.

Dans les tableaux (pages 651 à 668) se trouvent les moyennes mensuelles, de mars au 1er décembre, à $1^{m},26$ et 3 mètres au-dessous du sol pendant 1862; les moyennes de décembre 1861, janvier, février et mars 1862 (pages 482 à 493), ont donné :

Moyenne annuelle à $1^m,26$....	$11°,86$
Idem à $3^m,00$....	$11°,69$
Différence...............	$0°,17$

Si l'on prend les moyennes des maxima et des minima relatifs à ces deux profondeurs (tableaux, pages précédemment cités) :

A $1^m,26$.		A 3^m.	
Le maximum, le 4 septembre..	$15°,7$	Le 5 novembre...	$13°,6$
Le minimum, le 2 février	$7°,6$	Le 20 mars......	$9°,9$
Variation..................	$8°,1$		$3°,7$

Températures déduites des maxima et minima à ces deux profondeurs.................................. $11°,65$, $11°,75$

Les moyennes déduites des maxima et des minima diffèrent à $1^m,26$, en moins de $0°,21$; à 3 mètres en plus de $0°,06$.

La variation à $1^m,26$ a été de $8°,1$ à 3 mètres, de $3°,7$, environ moitié moindre.

En comparant les moyennes depuis 20 mètres au-dessus du sol jusqu'à 3 mètres au-dessous, on a :

Température moyenne pendant l'année météorologique 1862 :

A 20^m au-dessus du sol....	$11°,52$
A $16^m,25$ id..........	$11°,18$
A $1^m,33$ id..........	$10°,81$
A $1^m,26$ au-dessous.........	$11°,86$
A 3^m id..............	$11°,69$

La température moyenne la plus basse est donc à $1^{m},33$ au-dessus du sol; elle a été un peu plus élevée sous le sol qu'au-dessus.

Si l'on compare ces résultats à ceux que M. Quetelet a obtenus pour la moyenne de neuf années d'observations à Bruxelles, on trouve :

Température moyenne corrigée à Bruxelles.		10°,07
A sa surface au Nord		9°,33
A 0°,19 au-dessous		8°,82
A 0°,45	id.	9°,61
A 0°,75	id.	9°,26
A $1^{m},00$	id.	10°,49
A $3^{m},90$	id.	11°,82
A $7^{m},82$		11°,77

On trouve encore l'accroissement de température moyenne avec la profondeur, ce qui montre que les causes passagères qui influent sur la température de l'air et qui tendent à l'abaisser, sont sans effet sur la moyenne de la terre jusqu'à quelques mètres au-dessous du sol.

En jetant les yeux sur les tableaux d'observations faites à $1^{m},26$ et 3^{m} au-dessous du sol, on voit que la température est stationnaire pendant plusieurs jours de suite, et quelquefois même pendant huit ou dix jours. Ces changements de température n'ayant lieu que par 0°,1 de degré, si l'on prend la moyenne pendant ce laps de temps (tableau, page 662), en formant des groupes de 10 observations durant lesquelles on peut supposer la variation de température uniforme, on aura des changements de température en centièmes de degré; il en sera de même si, pendant une période de 10 jours, il y a eu des différences s'élevant de 0°,1 à 0°,3 : on connaîtra de cette

manière, avec assez d'exactitude, le mouvement de la chaleur.

On reconnaît d'abord qu'à l'époque des maxima et des minima, la température reste stationnaire avant et après, pendant quelque temps. Les périodes d'accroissement par dizaine, à 1^{m},26 de profondeur, ont donné, de décembre 1861 à février 1862, des différences en moyennes diurnes égales à 0°,01 ; 0°,083 ; 0°,034 ; et les périodes d'accroissement jusqu'au mois de septembre, 0°,01 ; 0°,02 ; 0°,054 ; 0°,070 ; 0°,062 ; 0°,039 ; 0°,013 ; 0°,062 ; 0°,039 ; 0°,013 ; 0°,048 ; 0°,01 ; les périodes de décroissement jusqu'au mois de novembre compris, 0°,012 ; 0°,075.

A 3^{m} de profondeur, la première période de décroissement et d'accroissement a donné les différences moyennes diurnes, 0°,02 ; 0°,03 ; 0°,01 ; 0°,015 ; 0°,01 ; 0°,02 ; 0°,028 ; 0°,01 ; 0°,03 ; 0°,01 ; 0°,02.

Des faits qui précèdent on tire les conséquences suivantes :

A 1^{m},26, de profondeur au-dessous du sol, les variations diurnes de température pendant chacune des trois périodes d'accroissement et de décroissement sont soumises à des périodes alternatives plus ou moins étendues d'élévation et d'abaissement de température, qui cessent vers les maxima et les minima : l'amplitude de ces variations diurnes oscille entre 0°,01 et 0°,08.

A 3^{m} de profondeur on observe de semblables effets ; mais l'amplitude des variations diurnes est plus faible : elle oscille entre 0°,01 et 0°,03.

Ces variations, qui correspondent à des changements de température très-faibles, mais incontestables, ne peuvent être attribuées qu'à des causes atmosphériques qu'on n'aperçoit pas encore, mais que l'on finira peut-être par décou-

vrir quand on aura réuni plusieurs années d'observations et qu'on les comparera aux phénomènes météoriques que l'on enregistre dans les Observatoires, notamment aux quantités d'eau tombées dans le courant de chaque décade. Quelle que soit la cause du phénomène, il n'en est pas moins évident que le mouvement de la chaleur ne se fait pas régulièrement dans la terre, il s'effectue par fluctuation; de sorte qu'il y a des alternatives assez rapprochées d'une augmentation suivie d'une diminution dans l'accroissement de la température et à la profondeur de $1^m,26$. Depuis le 2 février, époque du minimum, jusqu'au 4 septembre, époque du maximum, et depuis le 4 septembre jusqu'au 2 février, l'amplitude des oscillations diurnes varie de $0^o,01$ à $0^o,83$.

Un flux de chaleur et un temps d'arrêt ne peuvent provenir que de phénomènes météoriques ou d'eaux plus ou moins chaudes humectant la terre.

On voit dans le tableau que c'est aux époques des maxima et des minima qu'ont lieu les plus faibles variations.

A 3^m de profondeur, l'amplitude varie de $0^o,01$ à $0^o,036$; elle est moitié moindre pour une profondeur à peu près double.

Il n'est pas sans intérêt de comparer les résultats que j'ai obtenus jusqu'aux époques du maxima et du minima avec ceux que M. Quetelet a recueillis à Bruxelles, à peu près dans les mêmes conditions.

ÉPOQUES DU MAXIMA ET DU MINIMA

A DIVERSES PROFONDEURS, A BRUXELLES.

MOYENNES DE NEUF ANNÉES.

A 1^m,3 au-dessus DU SOL.	A la surface DU SOL.	A 0^m,19 au-dessous DU SOL.	A 0^m,45 au-dessous DU SOL.	A 0^m,75 au-dessous DU SOL.	A 1^m,00 au-dessous DU SOL.	A 1^m,95 au-dessous DU SOL.	A 3^m,90 au-dessous DU SOL.
Époques moyennes du maxima.							
Juillet. 27°7	Juillet. 27°9	Août. 1°3	Août. 5°6	Août. 11°4	Août. 15°2	Octobre. 12°4	Décembre. 15°3
Époques moyennes du minima.							
Janvier. 25°0	Janvier. 27°8	Février. 2°4	Février. 9°2	Février. 17°0	Février. 21°5	Avril. 19°1	Juin. 15°7

A 1^m,26, j'ai trouvé au Jardin des plantes, pour les époques du minimum et du maximum, le 2 février et le 4 septembre, au lieu de 21,5 février, et 15,2 août, à 1^m, à Bruxelles ; à 3^m à Paris, le 20 mars et le 5 novembre ; à Bruxelles à 3^m,90 le 1er avril, et le 12 octobre, plus tard, par conséquent, ce qui est facile à concevoir, puisque la profondeur étant plus grande, les époques ont dû être retardées. Bien que les profondeurs ne soient pas les mêmes, cependant on voit qu'il y a une assez grande discordance dans les époques.

A Paris, à 1^m,26 au-dessous du sol, il y a un intervalle de 214 jours entre le minimum et le maximum, et à 3^m, la différence est de 230 jours.

Il serait à désirer que le mode d'expérimentation avec

le thermomètre électrique fût mis en usage dans différentes localités, attendu que cet instrument, donnant d'une manière continue la température du sol à diverses profondeurs sans qu'il soit besoin d'aucune correction, ainsi que cela a lieu quand on emploie le thermomètre à longue tige, permettra de connaître avec une certaine exactitude comment la chaleur se propage dans la terre, et d'étudier par conséquent une des questions les plus importantes de la physique du globe.

Dans ce Mémoire se trouvent toutes les observations de température faites au Jardin des plantes avec le thermomètre électrique et le thermomètre ordinaire pendant les années météorologiques 1861 et 1862, avec les résultats auxquels leur discussion a conduit.

Ces observations ont été faites sans interruption à 1^m,33 au nord et au midi, à 16^m,25 et 20 mètres au-dessus du sol, et à 1^m,26 et 3 mètres au-dessous, à 9^h du matin, 3^h et 9^h du soir.

Les moyennes de 1861 et 1862, déduites de leurs observations diurnes à 9^h du matin et 9^h du soir, ont donné :

A 1^m,33 au Nord..................	10°,70
A 16^m,25..........................	11°,30
A 20^m au sommet d'un marronnier...	11°,60

La moyenne au nord à 1^m,33, obtenue avec les maxima et minima moyens, après correction, a été de 10°,80, qui diffère de la précédente de 0°,1 seulement; le thermomètre électrique, ne donnant pas les maxima et les minima, n'a pu servir à déterminer par le même procédé la température à 16^m,25 et 20 mètres.

Ces résultats mettent bien en évidence l'accroissement de température jusqu'à une certaine hauteur, dont la limite, qui n'a pas encore été déterminée, est variable d'une localité à une autre.

La température de l'air, au sommet du marronnier, à 20 mètres au-dessus du sol, qui diffère en plus de 0°,3 de celle à 16 mètres, est peut-être un peu plus forte que ne le comporte sa distance au sol; mais l'explication que j'en ai donnée rend compte de cette différence.

Les observations de 1862 ont montré, comme celles de 1861, que 6 heures du matin était une heure critique.

Il résulte encore des faits consignés dans ce Mémoire qu'il y a pour ainsi dire, dans chaque lieu, deux températures moyennes; l'une réelle, qui est indépendante du rayonnement terrestre, et l'autre, qui en est dépendante, que l'on peut appeler climatérique, parce qu'elle sert à caractériser le climat, sous le rapport de la température. La première s'obtient en plaçant les instruments à une certaine hauteur au-dessus du sol. La seconde en prenant la moyenne des observations faites sur différents points du lieu, dont les sols diffèrent, sous le rapport des pouvoirs absorbant, émissif et rayonnant.

Dans le tableau des observations de la température diurne au Nord, pendant le mois de juillet 1861, il faut lire pour la moyenne du mois, à 9 heures du matin, 18°,48 au lieu de 15°,8 (page 468 de ce volume).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AVRIL 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	6,8	6,8	6,7	6,7	Couvert.
2	5,2	5,2	5,1	5,2	Nuageux.
3	9,5	9,5	9,4	9,5	Pluie.
4	7,2	7,2	7,1	7,1	Couvert.
5	8,4	8,4	8,3	8,3	Nuageux.
6	6,8	6,9	6,8	6,8	Id.
7	9,6	9,7	9,6	9,7	Id.
8	10,0	10,1	10,0	10,0	Couvert.
9	9,4	9,4	9,3	9,4	Nuageux.
10	7,8	7,8	7,7	7,8	Couvert.
11	8,2	8,2	8,1	8,1	Id.
12	4,1	4,2	4,1	4,2	Id.
13	0,3	0,3	0,1	0,1	Clair.
14	1,0	1,0	0,8	0,9	Id.
15	1,2	1,2	1,0	1,1	Nuageux.
16	1,0	1,0	0,8	0,8	Clair.
17	6,2	6,3	6,2	6,2	Couvert.
18	5,7	5,7	5,6	5,6	Clair.
19	8,4	8,4	8,3	8,4	Couvert.
20	7,2	7,2	7,1	7,2	Clair.
21	10,3	10,4	10,3	10,4	Couvert.
22	9,8	9,8	9,7	9,7	Clair.
23	10,2	10,2	10,2	10,2	Couvert.
24	5,6	5,6	5,4	5,4	Clair.
25	11,0	11,1	10,9	11,0	Id.
26	14,7	14,7	14,6	14,7	Nuageux.
27	11,2	11,3	11,2	11,2	Pluie.
28	10,9	10,9	10,8	10,9	Couvert.
29	8,9	8,9	8,7	8,9	Clair.
30	9,2	9,2	9,0	9,2	Id.
Moyennes.	7,52	7,55	7,43	7,49	
Corrigées.	7,22	7,25	7,23	7,29	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 7°22
au marronnier 7,25
au Nord. 7,23
au Midi. 7,29

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MAI 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	13,1	13,2	13,0	13,1	Nuageux.
2	14,2	14,3	14,2	14,3	Clair.
3	10,1	10,2	10,1	10,1	Nuageux.
4	14,4	14,4	14,2	14,1	Couvert.
5	15,3	15,4	15,2	15,3	Nuageux.
6	14,8	14,9	14,6	14,7	Clair.
7	16,2	16,2	16,0	16,2	Couvert.
8	11,1	10,3	10,2	10,3	Nuageux.
9	13,0	13,2	13,0	13,2	Couvert.
10	9,4	9,5	9,4	9,5	Nuageux.
11	10,2	10,2	10,1	10,3	Couvert.
12	10,0	10,1	10,0	10,2	Pluie.
13	11,2	11,4	11,2	11,4	Couvert.
14	10,6	10,6	10,5	10,6	Pluie.
15	12,5	12,6	12,4	12,5	Couvert.
16	10,5	10,5	10,4	10,5	Id.
17	12,4	12,6	12,4	12,6	Id.
18	12,1	12,2	12,0	12,3	Nuageux.
19	14,7	14,8	14,6	14,7	Couvert.
20	15,8	16,0	15,7	15,8	Clair.
21	12,5	12,6	12,5	12,7	Couvert.
22	9,0	9,2	8,9	9,0	Clair.
23	9,8	10,2	9,7	9,8	Id.
24	14,5	14,7	14,4	14,5	Id.
25	15,2	15,4	15,2	15,4	Couvert.
26	10,8	10,9	10,7	10,8	Clair.
27	11,4	11,4	11,2	11,4	Id.
28	14,5	14,7	14,5	14,7	Couvert.
29	16,7	16,9	16,6	16,7	Clair.
30	17,8	18,0	17,8	18,0	Pluie.
31	14,2	14,2	14,0	14,2	Couvert.
Moyennes.	12,80	12,93	12,71	12,87	
Corrigées.	12,50	12,63	12,52	12,67	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 12°50
au marronnier 12,63
au Nord. 12,52
au Midi. 12,67

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUIN 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	14,5	14,7	14,5	14,7	Couvert.
2	15,3	15,3	15,2	15,2	Pluie.
3	13,8	14,0	13,8	13,9	Nuageux.
4	13,6	13,6	13,5	13,7	Id.
5	14,7	14,8	14,7	14,9	Couvert.
6	16,8	16,8	16,6	16,8	Clair.
7	17,9	18,1	17,9	18,2	Couvert.
8	19,2	19,5	19,2	19,5	Nuageux.
9	11,8	11,8	11,8	11,9	Pluie.
10	11,5	11,6	11,5	11,5	Clair.
11	12,9	12,9	12,9	13,0	Pluie.
12	13,6	13,6	13,5	13,7	Clair.
13	13,5	13,5	13,6	13,6	Couvert.
14	13,8	13,8	14,0	14,1	Id.
15	11,5	11,5	11,8	11,8	Nuageux.
16	12,9	12,9	12,9	13,0	Couvert.
17	12,6	12,6	12,5	12,6	Nuageux.
18	10,2	10,2	10,2	10,3	Pluie.
19	10,6	10,6	10,8	10,8	Couvert.
20	12,7	12,7	12,6	12,7	Id.
21	12,2	12,2	12,3	12,4	Pluie.
22	11,8	11,9	11,8	11,9	Id.
23	13,0	13,1	13,3	13,3	Couvert.
24	11,9	12,4	11,6	11,7	Clair.
25	14,7	14,7	14,7	14,9	Couvert.
26	12,9	13,0	12,9	13,2	Id.
27	14,5	14,5	14,4	14,7	Nuageux.
28	11,6	11,7	11,8	11,8	Clair.
29	10,9	10,9	11,3	11,3	Id.
30	12,4	12,4	12,5	12,5	Pluie.
Moyennes.	13,31	13,31	13,33	13,45	
Corrigées.	13,01	13,01	13,13	13,25	

Moyennes : à l'amphithéâtre . . . 13°01
au marronnier. . . . 13,01
au Nord. 13,13
au Midi 13,25

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUILLET 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	11,9	12,1	12,0	12,2	Clair.
2	13,8	13,9	13,8	14,0	Couvert.
3	14,2	14,2	14,3	14,5	Id.
4	12,9	12,9	12,8	13,2	Id.
5	17,8	18,0	17,6	17,8	Nuageux.
6	18,4	18,6	18,4	18,5	Couvert.
7	14,3	14,3	14,2	14,2	Clair.
8	15,7	15,8	15,7	15,8	Couvert.
9	15,6	15,9	15,6	15,9	Id.
10	16,7	16,7	16,8	17,0	Id.
11	13,4	13,5	13,4	13,5	Id.
12	11,2	11,2	11,3	11,3	Pluie.
13	15,8	15,9	15,8	16,0	Nuageux.
14	16,9	17,2	17,0	17,2	Id.
15	16,5	16,5	16,6	16,6	Pluie.
16	13,6	13,6	13,8	14,0	Nuageux.
17	13,2	13,5	13,2	13,5	Couvert.
18	13,7	13,9	13,7	13,9	Id.
19	17,3	17,3	17,2	17,5	Id.
20	17,5	17,6	17,5	17,6	Id.
21	14,7	14,8	14,7	14,9	Id.
22	13,2	13,4	13,6	13,6	Clair.
23	15,8	15,9	15,8	16,0	Couvert.
24	16,2	16,3	16,4	16,4	Id.
25	16,5	16,5	16,7	16,7	Id.
26	15,8	15,9	16,0	16,2	Clair.
27	20,0	20,2	20,2	20,4	Id.
28	14,7	14,7	14,9	15,1	Nuageux.
29	18,2	18,0	18,5	18,5	Pluie.
30	13,6	13,5	13,7	13,7	Id.
31	12,5	12,3	12,5	12,5	Clair.
Moyennes.	15,21	15,80	15,80	15,94	
Corrigées.	14,91	15,50	15,60	15,74	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 14°91
au marronnier. 15,50
au Nord. 15,60
au Midi. 15,74

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AOUT 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	15,6	15,6	15,4	15,4	Clair.
2	16,7	16,8	16,5	16,5	Id.
3	14,8	14,8	15,1	15,1	Couvert.
4	14,6	15,0	14,4	14,4	Clair.
5	15,8	15,9	15,8	15,9	Id.
6	15,2	15,1	15,1	15,2	Id.
7	13,9	13,9	14,0	14,1	Pluie.
8	13,5	13,3	13,5	13,6	Couvert.
9	12,8	12,8	13,1	13,2	Nuageux.
10	12,6	12,5	12,8	12,8	Couvert.
11	12,3	12,3	12,5	12,5	Id.
12	14,7	14,7	14,6	14,7	Id.
13	12,4	12,4	12,2	12,2	Clair.
14	13,5	13,3	13,2	13,2	Id.
15	15,6	15,6	15,7	16,0	Couvert.
16	15,4	15,5	15,5	15,7	Id.
17	15,2	15,3	15,2	15,3	Pluie.
18	14,8	14,8	15,0	15,1	Id.
19	14,7	14,8	14,9	14,9	Couvert.
20	15,4	15,4	15,4	15,6	Id.
21	14,9	15,0	14,9	15,1	Clair.
22	14,5	14,5	14,7	14,7	Couvert.
23	12,0	12,1	12,0	12,2	Clair.
24	12,6	12,8	12,6	12,8	Id.
25	12,9	13,2	12,8	13,0	Id.
26	14,1	14,1	14,0	14,2	Id.
27	16,5	16,7	16,5	16,7	Pluie.
28	15,2	15,3	15,2	15,3	Id.
29	12,6	12,4	12,6	12,6	Id.
30	12,8	12,6	12,8	12,8	Couvert.
31	13,2	13,2	13,4	13,4	Id.
Moyennes.	14,22	14,23	14,23	14,32	
Corrigées.	13,92	13,93	14,03	14,12	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 13°92
au marronnier 13,93
au Nord. 14,03
au Midi. 14,12

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

SEPTEMBRE 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	13,4	13,3	13,3	13,4	Nuageux.
2	15,7	15,5	15,7	15,7	Couvert.
3	13,2	13,2	13,1	13,2	Nuageux.
4	10,1	9,8	10,0	10,1	Couvert.
5	11,8	11,6	11,8	11,8	Pluie.
6	10,1	10,0	10,2	10,2	Couvert.
7	11,7	11,6	11,6	11,7	Id.
8	14,4	14,5	14,4	14,5	Pluie.
9	14,1	14,3	14,1	14,2	Clair.
10	12,8	12,6	12,8	12,9	Brouillard.
11	11,7	11,7	11,9	12,1	Clair.
12	9,3	9,1	9,3	9,4	Id.
13	7,5	7,3	7,3	7,5	Id.
14	7,8	7,6	7,8	8,0	Id.
15	12,4	12,8	12,0	12,4	Nuageux.
16	14,5	14,7	14,5	14,5	Id.
17	14,3	14,5	14,3	14,5	Couvert.
18	12,8	12,8	12,7	12,8	Clair.
19	11,4	11,6	11,4	11,4	Id.
20	11,0	11,2	11,0	11,2	Id.
21	9,8	9,8	9,7	9,8	Id.
22	10,6	10,7	10,6	10,7	Id.
23	8,9	9,1	8,9	9,1	Nuageux.
24	12,6	12,8	12,6	13,0	Couvert.
25	16,4	16,5	16,2	16,4	Id.
26	11,5	11,5	11,5	11,9	Brouillard.
27	14,2	14,4	14,2	14,6	Clair.
28	16,3	16,5	16,2	16,3	Pluie.
29	16,4	16,6	16,4	16,6	Couvert.
30	15,2	15,4	15,2	15,4	Id.
Moyennes.	12,39	12,44	12,36	12,51	
Corrigées.	12,09	12,14	12,16	12,31	

Moyennes : à l'amphithéâtre . . . 12°09
au marronnier 12,14
au Nord 12,16
au Midi 12,31

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

OCTOBRE 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	9,8	9,9	9,8	9,8	Pluie.
2	9,2	9,3	9,2	9,4	Id.
3	12,8	13,1	12,8	13,1	Couvert.
4	16,5	16,5	16,2	16,4	Pluie.
5	14,3	14,4	14,2	14,2	Couvert.
6	14,7	14,9	14,7	14,9	Id.
7	13,0	13,2	13,0	13,2	Id
8	11,7	11,7	11,5	11,5	Id.
9	10,1	10,1	10,0	10,1	Clair.
10	9,8	10,0	9,7	9,8	Id.
11	12,7	12,8	12,7	12,7	Pluie.
12	11,9	12,2	11,9	12,2	Couvert.
13	14,2	14,5	14,0	14,5	Id.
14	14,4	14,6	14,2	14,3	Id.
15	14,2	14,2	13,8	14,0	Clair.
16	10,8	10,9	10,8	11,2	Nuageux.
17	5,6	5,6	5,4	5,5	Clair.
18	9,4	9,5	9,2	9,4	Couvert.
19	6,7	6,7	6,5	6,7	Clair.
20	12,9	13,2	12,8	12,9	Pluie.
21	7,4	7,4	7,2	7,4	Couvert.
22	10,2	10,2	10,0	10,2	Id.
23	10,5	10,5	10,4	10,5	Id.
24	7,6	7,6	7,5	7,6	Id.
25	2,5	2,6	2,3	2,5	Brouillard.
26	2,2	2,3	2,0	2,3	Clair.
27	3,9	3,9	3,8	4,0	Nuageux.
28	5,4	5,4	5,2	5,4	Couvert.
29	3,0	3,1	2,9	3,1	Id.
30	8,2	8,3	8,2	8,3	Id.
31	7,5	7,6	7,5	7,6	Id.
Moyennes.	9,78	9,92	9,66	9,82	
Corrigées.	9,48	9,62	9,46	9,62	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 9°48
au marronnier 9,62
au Nord. 9,46
au Midi 9,62

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

NOVEMBRE 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	8,5	8,5	8,2	8,4	Brouillard.
2	10,2	10,3	10,0	10,2	Couvert.
3	10,7	10,9	10,7	10,9	Id.
4	10,2	10,2	9,9	10,1	Pluie.
5	9,2	9,4	9,2	9,4	Couvert.
6	8,9	9,0	8,7	8,9	Id.
7	9,6	9,8	9,6	9,6	Id.
8	3,2	3,2	3,0	3,2	Clair.
9	1,9	2,0	1,8	1,9	Id.
10	8,6	8,6	8,5	8,6	Pluie.
11	6,4	6,4	6,1	6,3	Couvert.
12	2,6	2,5	2,3	2,5	Clair.
13	5,2	5,3	5,2	5,3	Couvert.
14	7,8	8,0	7,8	7,9	Id.
15	5,6	5,6	5,5	5,6	Pluie.
16	7,2	7,2	6,9	7,0	Couvert.
17	5,4	5,4	5,2	5,4	Nuageux.
18	3,5	3,5	3,4	3,4	Couvert.
19	+ 3,8	+ 3,9	+ 3,8	+ 3,9	Brouillard.
20	— 1,0	— 0,9	— 1,2	— 1,0	Clair.
21	— 0,2	— 0,2	— 0,4	— 0,2	Couvert.
22	— 5,2	— 5,2	— 5,3	— 5,2	Clair.
23	— 3,7	— 3,7	— 3,8	— 3,8	Brouillard.
24	— 3,2	— 3,2	— 3,3	— 3,2	Nuageux.
25	— 1,8	— 1,8	— 2,0	— 1,8	Couvert.
26	— 1,5	— 1,5	— 1,6	— 1,5	Id.
27	— 0,4	— 0,4	— 0,6	— 0,4	Clair.
28	+ 3,8	+ 3,8	+ 3,4	+ 3,6	Pluie.
29	2,4	2,5	2,4	2,5	Id.
30	4,5	4,6	4,5	4,6	Couvert.
Moyennes.	4,07	4,12	3,94	4,07	
Corrigées.	3,77	3,82	3,74	3,87	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 3°77
au marronnier. . . . 3,82
au Nord. 3,74
au Midi. 3,87

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

AVRIL 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	10°7	11°6	15°5	21°6	9°2	9°4
2	13,1	20,5	18,2	25,3	13,9	14,0
3	11,8	12,2	15,1	16,4	11,3	11,4
4	12,6	20,4	16,8	24,2	12,1	12,2
5	13,4	16,3	18,4	27,3	13,5	13,7
6	14,2	19,0	18,5	26,2	12,8	13,0
7	12,4	14,6	16,3	17,4	13,0	13,1
8	11,5	12,0	13,9	15,8	10,8	10,8
9	11,7	12,2	13,5	14,6	9,7	9,8
10	10,8	11,4	14,6	15,8	9,8	9,8
11	11,3	11,9	15,5	17,6	9,2	9,2
12	5,6	6,4	7,5	12,7	3,8	3,8
13	4,5	11,6	5,8	6,7	1,7	1,7
14	5,4	6,5	7,9	14,2	4,2	4,2
15	4,8	6,2	8,2	11,4	3,8	3,8
16	6,7	12,4	11,7	21,2	6,4	6,5
17	8,4	9,1	11,8	12,1	10,2	10,2
18	10,2	11,8	15,4	20,8	9,6	9,7
19	15,7	23,2	20,3	28,7	13,5	13,6
20	15,2	20,7	21,0	29,2	14,3	14,4
21	14,9	15,6	21,8	30,0	14,7	14,8
22	15,4	19,5	22,7	24,3	14,5	14,8
23	14,7	17,2	17,4	21,2	10,1	10,2
24	13,8	20,6	22,1	27,4	15,3	15,4
25	19,4	22,5	28,8	30,9	19,2	19,3
26	21,5	27,6	26,7	30,8	17,0	17,1
27	11,0	11,8	14,8	17,2	12,7	12,7
28	15,4	24,3	15,3	16,4	10,8	10,8
29	14,6	23,4	19,6	28.5	13,4	13,6
30	16,3	24,2	23,4	30,2	17,2	17,4
Moyennes.	12,23	15,89	16,62	21,29	11,26	11,34
Corrigées.	12,03	15,69	16,42	20,09	11,06	11,14

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 11°54
au Midi, id. id . . . 13,37

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

MAI 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	18°5	19°8	23°2	25°0	18°2	18°2
2	17,3	20,6	20,7	30,3	15,0	15,1
3	16,7	24,3	26,7	34,2	18,7	18,8
4	19,8	24,7	24,2	26,5	16,2	16,2
5	20,6	28,4	23,6	25,8	17,4	17,5
6	21,9	32,7	28,3	38,5	20,6	20,8
7	16,4	16,4	18,5	21,4	12,8	12,8
8	15,7	24,2	20,7	28,2	16,6	16,7
9	13,8	14,1	17,6	24,3	10,1	10,1
10	12,7	17,4	13,4	20,6	11,6	11,6
11	15,2	19,8	17,8	23,2	13,0	13,2
12	12,8	14,1	18,0	21,4	12,1	12,0
13	14,4	15,2	17,5	18,2	13,7	13,7
14	11,9	15,1	17,6	19,4	13,8	14,0
15	14,0	15,6	15,9	17,1	14,0	14,1
16	11,6	12,0	16,4	17,5	13,9	14,0
17	15,6	17,2	20,2	24,1	16,4	16,6
18	15,3	16,8	19,8	23,9	15,2	15,3
19	18,6	27,4	23,5	25,6	19,8	19,8
20	21,4	28,5	23,9	26,3	15,6	15,6
21	15,3	16,7	11,8	11,8	9,2	9,2
22	13,5	14,0	17,3	24,2	10,2	10,3
23	16,8	25,4	21,4	29,7	17,9	18,2
24	19,2	23,1	22,0	25,1	18,5	18,6
25	15,0	16,2	19,8	22,4	14,7	14,8
26	16,4	25,6	19,2	21,3	14,1	14,1
27	14,5	15,9	16,3	17,0	14,9	14,9
28	17,6	18,2	20,5	22,1	17,8	17,8
29	21,7	30,4	25,7	34,5	21,4	21,4
30	16,8	17,1	22,5	23,4	17,2	17,2
31	16,2	16,7	18,2	18,9	14,9	14,9
Moyennes.	16,36	16,89	20,07	29,73	15,36	15,53
Corrigées.	16,16	16,69	19,87	29,63	15,16	15,33

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . 15°66
au Midi, id. id. . . . 15,96

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JUIN 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	17°5	19°6	21°6	24°3	16°9	16°9
2	15,7	16,2	18,5	20,0	15,7	15,8
3	18,4	21,7	24,6	27,8	18,6	18,8
4	16,5	19,3	21,9	32,7	15,8	15,8
5	23,6	27,8	25,8	34,2	18,2	18,4
6	21,0	26,9	24,2	26,9	19,8	20,0
7	22,8	29,5	25,7	28,3	20,8	21,3
8	22,6	24,7	21,5	22,8	18,2	18,4
9	10,2	11,8	14,0	24,3	11,6	11,8
10	16,3	22,4	19,8	25,4	16,0	16,2
11	17,9	25,2	20,7	26,5	14,7	14,8
12	16,5	17,3	24,7	28,5	17,6	17,8
13	17,2	19,4	20,6	26,4	14,2	14,4
14	14,9	20,5	19,8	24,7	12,0	12,2
15	15,2	23,7	21,2	29,6	14,4	14,6
16	15,6	19,3	19,3	28,9	13,9	14,0
17	15,0	17,8	18,7	25,9	13,8	16,1
18	12,5	14,3	13,4	19,1	12,0	12,0
19	15,4	18,7	17,6	21,7	12,7	12,8
20	13,2	14,0	15,4	18,6	12,9	12,9
21	14,6	15,3	18,5	19,8	14,3	14,4
22	15,7	16,4	18,1	19,5	13,7	13,8
23	15,6	16,9	18,3	21,4	14,0	14,2
24	18,2	24,5	21,7	28,3	16,9	17,1
25	17,8	19,8	20,0	27,6	15,4	15,5
26	16,3	18,2	21,9	28,5	16,8	16,8
27	18,7	26,3	20,7	26,2	13,2	13,4
28	16,2	18,6	18,2	20,0	13,0	13,1
29	16,4	24,7	20,5	23,4	15,8	15,9
30	14,6	15,2	16,4	16,9	13,9	14,0
Moyennes.	16,74	20,29	20,11	24,64	15,23	15,46
Corrigées.	16,54	20,09	19,91	23,96	15,	15,26

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 15°78
au Midi, id. id. . . . 17,67

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JUILLET 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	17°4	19°6	18°3	19°7	15°7	15°7
2	15,3	16,2	19,4	20,6	17,4	17,5
3	16,9	17,3	21,6	22,7	16,9	17,1
4	18,5	21,9	22,8	26,5	18,6	18,8
5	22,6	24,7	29,9	34,0	20,5	20,7
6	19,2	19,8	16,3	16,2	13,8	14,2
7	18,3	24,9	20,0	20,7	15,6	15,6
8	18,5	19,4	21,8	24,5	16,0	16,2
9	20,2	21,0	26,4	34,2	19,2	19,4
10	19,3	19,7	20,9	22,1	16,3	16,3
11	16,4	19,5	18,5	19,8	15,7	15,8
12	12,2	12,2	16,7	16,7	17,9	18,1
13	18,7	22,4	22,8	28,8	15,8	16,2
14	20,3	21,1	25,6	32,9	19,7	19,9
15	18,6	19,5	22,7	27,8	17,2	17,4
16	18,2	20,6	19,2	20,4	13,4	13,5
17	16,4	24,9	23,4	26,5	15,9	16,1
18	19,8	29,2	23,6	27,2	19,4	19,6
19	21,7	29,4	25,8	33,7	20,8	21,0
20	20,6	21,2	23,5	24,8	20,2	20,5
21	17,3	18,7	21,4	30,6	16,4	16,4
22	18,9	26,2	23,7	33,5	19,7	19,7
23	22,6	24,9	25,2	26,9	19,8	19,9
24	20,8	24,6	25,9	34,1	20,0	20,3
25	22,1	27,5	29,7	39,4	21,4	21,6
26	22,7	33,4	32,3	42,5	22,9	23,4
27	24,8	34,5	28,9	38,7	22,4	22,7
28	21,0	29,7	28,4	37,2	22,7	22,8
29	18,9	19,3	24,7	33,4	22,3	22,4
30	15,4	16,2	15,2	15,6	14,5	14,5
31	18,9	27,4	23,0	32,5	17,4	17,6
Moyennes.	19,14	22,80	23,14	27,92	18,24	18,41
Corrigées.	18,94	22,60	22,94	27,72	18,04	18,21

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 18°49
au Midi, id. id. . . . 20,40

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMETRES ORDINAIRES.

AOUT 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	21°6	29°2	26°8	35°7	19°8	20°2
2	23,9	30,4	30,2	39,1	21,6	21,6
3	19,0	23,2	22,1	30,6	17,5	17,5
4	19,5	29,7	24,9	33,8	18,6	18,7
5	21,6	23,2	25,7	32,6	19,8	19,8
6	19,5	26,3	21,8	30,2	16,4	16,4
7	18,4	20,2	22,7	28,1	16,2	16,2
8	18,2	19,0	21,6	25,7	15,0	15,1
9	16,5	17,9	14,8	15,0	14,5	14,5
10	15,6	17,2	16,4	18,9	14,9	14,9
11	15,8	16,5	17,2	17,2	15,4	15,4
12	17,6	20,7	20,1	21,8	13,2	13,2
13	18,9	27,6	23,9	34,2	17,3	17,6
14	22,1	30,4	22,6	23,7	18,4	18,5
15	19,7	22,1	20,4	22,5	17,6	17,6
16	18,9	24,2	20,2	20,8	16,7	16,7
17	18,2	18,9	16,7	16,7	15,4	15,4
18	18,8	21,1	21,5	24,6	17,2	17,3
19	15,4	15,4	17,3	17,5	16,0	16,1
20	17,6	18,5	23,2	24,7	18,4	18,4
21	19,8	28,1	23,8	24,5	18,7	18,9
22	17,3	19,0	19,6	20,4	14,8	14,8
23	16,0	21,6	21,4	28,5	17,2	17,3
24	17,2	28,3	22,3	32,2	17,9	18,0
25	19,4	28,9	24,2	33 7	18,5	18,6
26	18,2	29,2	24,3	28,5	20,6	20,9
27	18,4	18,6	19,8	20,4	18,1	18,2
28	14,6	15,2	14,7	15,1	13,7	13,7
29	12,4	12,6	12,6	13,0	14,2	14,3
30	17,3	26,2	20,8	25,7	16,1	16,2
31	16,2	18,0	21,2	27,1	16,8	16,8
Moyennes.	18,18	22,43	21,12	25,25	17,00	17,00
Corrigées.	17,98	22,23	20,92	25,05	16,80	16,80

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 18°40
au Midi, id. id. . . . 22,20

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

SEPTEMBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	18°2	25°3	20°9	21°7	15°6	15°6
2	18,1	19,2	15,7	15,8	15,4	15,4
3	16,5	23,1	13,4	20,2	12,8	12,9
4	15,4	22,3	18,2	22,7	15,5	15,5
5	13,0	13,7	16,3	18,0	12,7	12,7
6	14,9	19,8	19,8	25,3	14,5	14,6
7	16,5	18,0	17,4	17,6	13,4	13,4
8	18,6	19,5	20,7	21,4	17,8	17,8
9	17,4	21,6	2[illegible],0	28,2	14,5	14,7
10	17,9	23,4	21,6	23,2	16,4	16,4
11	15,2	21,5	17,5	19,4	13,6	13,6
12	14,1	22,0	17,3	18,9	11,7	11,8
13	14,9	24,5	20,2	26,1	11,8	12,1
14	13,7	21,9	21,6	28,5	15,3	15,7
15	15,2	28,3	23,4	27,6	19,0	19,4
16	18,7	25,8	24,1	28,5	18,2	18,3
17	14,6	15,2	21,5	25,4	16,8	16,8
18	17,0	24,1	23,2	28,1	16,5	16,6
19	15,5	23,7	21,8	27,2	15,7	15,7
20	15,4	23,6	22,0	26,2	15,2	15,3
21	14,8	23,2	20,6	25,8	14,1	14,2
22	14,5	18,7	18,7	25,3	13,8	13,8
23	12,7	14,9	19,4	20,6	15,6	15,6
24	16,6	20,6	23,8	25,7	16,5	16,7
25	17,7	18,5	19,9	24,2	14,1	14,4
26	15,2	25,8	23,2	28,7	17,4	18,0
27	17,9	24,7	25,8	29,4	18,9	19,4
28	17,6	19,8	23,4	24,3	19,2	19,3
29	18,6	19,5	21,2	22,4	17,3	17,4
30	17,8	20,4	22,5	26,7	15,4	15,4
Moyennes.	16,24	21,42	20,70		15,43	15,63
Corrigées.	16,04	21,22	20,50		15,29	15,43

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 15°66
au Midi, id. id. . . . 18,32

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

OCTOBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	9°8	10°2	15°4	15°8	11°3	11°3
2	11,5	12,1	14,8	15,6	13,9	14,2
3	14,7	16,0	18,4	22,8	17,4	17,6
4	16,4	16,8	17,0	17,6	15,2	15,4
5	16,5	17,7	19,3	20,7	15,4	15,4
6	15,6	16,4	18,7	20,4	15,5	15,8
7	14,2	15,3	13,5	14,2	11,8	12,0
8	13,2	19,8	17,6	20,3	12,7	12,8
9	13,8	18,4	18,5	25,0	12,8	13,2
10	13,4	20,0	21,2	27,4	14,2	15,0
11	14,9	15,2	18,7	24,6	12,5	13,3
12	15,7	16,4	19,8	20,7	17,9	18,2
13	11,6	15,2	16,5	17,8	14,8	15,0
14	17,3	20,0	22,8	25,4	17,0	17,6
15	17,8	24,6	23,7	28,2	16,5	17,4
16	14,4	14,2	15,9	21,3	9,2	9,7
17	9,8	10,4	13,0	13,4	10,9	11,2
18	11,7	12,5	13,9	14,2	11,0	11,2
19	10,1	12,9	11,8	12,7	10,4	10,4
20	10,8	10,8	10,4	11,0	7,5	7,8
21	9,4	11,3	10,1	10,2	10,2	10,2
22	11,8	12,2	12,2	12,2	11,4	11,5
23	11,5	12,7	13,5	14,6	9,8	10,0
24	10,2	11,4	11,9	13,7	7,5	7,6
25	4,5	7,3	11,2	12,9	4,9	5,1
26	7,3	9,6	9,0	9,2	8,7	8,9
27	6,8	8,9	12,5	14,3	7,8	7,9
28	8,2	8,7	12,1	14,0	6,5	6,8
29	5,2	7,5	11,4	12,4	10,0	10,2
30	9,4	10,0	11,6	12,8	9,6	9,8
31	10,2	12,1	15,3	16,5	10,2	10,2
Moyennes.	11,96	13,76	15,20		11,79	12,02
Corrigées.	11,76	13,56	15,00		11,59	11,82

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . 11°67
au Midi, id. id. . . 12,69

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

NOVEMBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	9°4	9°8	14°8	15°3	12°	12°2
2	11,7	12,5	13,4	14,2	11,0	11,1
3	11,2	11,7	11,3	11,6	10,2	10,2
4	10,0	10,3	11,4	11,8	10,1	10,2
5	9,7	10,0	9,8	10,0	8,9	9,0
6	9,3	9,7	10,6	11,2	9,4	9,4
7	9,8	10,4	11,7	12,1	7,2	7,2
8	4,1	4,7	9,2	9,8	4,8	5,0
9	5,2	8,0	8,7	9,4	8,9	9,2
10	9,5	11,2	11,8	12,3	7,8	8,1
11	6,7	7,4	6,1	6,5	4,7	4,8
12	3,0	3,4	7,6	8,2	6,4	6,5
13	7,6	8,2	9,0	9,6	8,2	8,2
14	8,2	8,4	9,4	9,7	7,3	7,3
15	6,4	7,1	6,8	7,2	7,6	7,6
16	6,2	6,2	7,2	7,5	5,7	5,7
17	6,9	11,2	8,0	8,7	5,6	5,6
18	4,2	4,3	6,8	7,2	4,5	4,5
19	4,2	4,6	4,3	4,7	4,2	4,2
20	— 0,6	2,6	2,1	2,5	0,2	0,4
21	+ 1,5	1,5	1,4	1,8	— 1,8	— 1,8
22	— 2,4	— 1,9	1,2	1,7	+ 1,4	+ 1,4
23	— 2,6	— 0,8	0,7	1,2	— 2,5	— 2,5
24	— 1,2	+ 1,0	2,1	2,4	— 0,9	— 0,9
25	— 1,5	— 1,2	— 0,4	— 0,2	— 0,8	— 0,8
26	— 0,4	— 0,4	+ 0,8	+ 1,0	+ 1,7	+ 1,8
27	+ 1,8	+ 1,9	4,6	5,2	3,5	3,5
28	3,6	3,8	3,9	4,2	3,4	3,5
29	3,7	4,2	6,5	7,1	5,3	5,4
30	4,8	5,0	6,2	6,5	5,7	6,3
Moyennes.	5,00	5,85	6,90		5,33	5,41
Corrigées.	4,08	5,65	6,17		5,13	5,21

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 4°60
au Midi, id. id. . . . 5,43

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AVRIL 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	10°6	10°7	Couvert.	15°7	16°1	Nuageux.	9°4	9°4	Couvert.
2	13,6	13,8	Soleil.	19,8	20,3	Soleil.	13,9	14,0	Id.
3	11,8	11,9	Pluie.	15,5	15,7	Couvert.	11,4	11,4	Clair.
4	14,5	15,0	Soleil.	19,3	20,4	Nuageux.	12,2	12,2	Id.
5	14,6	15,2	Nuageux.	19,5	20,6	Id	13,5	13,6	Nuageux.
6	14,5	15,0	Id.	19,4	20,5	Id.	12,9	13,0	Clair.
7	12,7	12,9	Couvert.	16,5	17,0	Couvert.	13,1	13,2	Couvert.
8	11,5	11,7	Id.	13,9	14,2	Id.	10,8	10,9	Nuageux.
9	11,6	11,7	Id.	13,5	13,6	Id.	9,7	9,7	Id.
10	10,9	11,0	Id.	15,0	15,4	Nuageux.	9,8	9,9	Clair.
11	11,4	11,6	Id.	15,8	16,3	Couvert.	9,2	9,3	Pluie.
12	5,5	5,6	Id.	7,9	8,2	Nuageux.	3,8	3,8	Nuageux.
13	5,4	5,5	Nuageux.	6,2	6,5	Couvert.	1,7	1,7	Clair.
14	5,4	5,4	Couvert.	8,4	8,7	Nuageux.	4,3	4,3	Nuageux.
15	5,4	5,6	Id.	8,5	8,9	Couvert.	3,7	3,8	Clair.
16	9,5	10,0	Soleil.	13,2	14,0	Soleil.	6,5	6,5	Id.
17	8,4	8,6	Pluie.	11,9	12,2	Couvert.	10,2	10,3	Couvert.
18	10,4	10,7	Nuageux.	16,5	17,6	Nuageux.	9,8	9,8	Nuageux.
19	16,9	17,5	Soleil.	21,8	22,7	Soleil.	13,6	13,7	Clair.
20	16,2	16,8	Id.	21,9	23,4	Nuageux.	14,5	14,5	Nuageux.
21	15,3	15,6	Couvert.	22,7	23,9	Soleil.	14,7	14,8	Clair.
22	16,4	16,9	Id.	22,9	23,5	Couvert.	14,6	14,6	Pluie.
23	14,7	15,0	Id.	18,2	19,0	Soleil.	10,2	10,2	Clair.
24	15,9	16,4	Soleil.	22,8	23,7	Nuageux.	15,4	15,6	Id.
25	20,3	21,0	Nuageux.	29,7	30,9	Id.	19,2	19,4	Id.
26	22,8	23,5	Couvert.	26,8	27,4	Id.	17,0	17,1	Couvert.
27	11,0	11,2	Pluie.	15,9	16,2	Couvert.	12,7	12,8	Nuageux.
28	16,7	17,3	Nuageux.	15,6	16,0	Id.	10,9	10,9	Clair.
29	16,5	17,1	Soleil.	21,7	22,5	Soleil.	13,4	13,6	Id.
30	18,7	19,8	Id.	24,5	25,8	Nuageux.	17,2	17,4	Id.
Moy	12,97	13,33		17,37	18,03		11,31	11,38	
Corr	12,67	13,03		17,07	17,73		11,01	11,08	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 11,84
au marronnier id. id. . . . 12,05

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

MAI 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	18°7	19°2	Pluie.	23°8	24°5	Couvert.	18°2	18°5	Nuageux.
2	17,9	18,5	Nuageux.	21,9	23,2	Soleil.	15,2	15,2	Clair.
3	18,2	19,0	Id.	28,0	29,4	Id.	18,9	19,0	Id.
4	20,7	21,9	Id.	24,9	25,8	Couvert.	16,3	16,4	Pluie.
5	21,8	22,7	Soleil.	24,0	24,7	Nuageux.	17,6	17,8	Clair.
6	25,8	27,2	Id.	30,8	33,4	Soleil.	20,8	21,2	Nuageux.
7	16,0	16,5	Pluie.	18,5	18,6	Nuageux.	12,7	12,8	Clair.
8	15,9	13,9	Nuageux.	21,2	22,3	Id.	16,5	16,6	Couvert.
9	13,8	13,1	Couvert.	17,6	17,8	Id.	10,1	10,2	Clair.
10	13,1	15,9	Nuageux.	15,7	15,9	Id.	11,6	11,6	Nuageux.
11	15,5	13,0	Id.	17,9	18,3	Id.	13,0	13,2	Couvert.
12	12,8	14,6	Couvert.	18,2	19,1	Id.	12,0	12,1	Id.
13	14,5	12,8	Id.	17,8	18,2	Couvert.	13,8	13,8	Pluie.
14	12,6	14,5	Id.	18,4	19,0	Nuageux.	13,7	13,8	Couvert.
15	14,3	11,6	Id.	16,5	16,8	Couvert.	14,1	14,1	Pluie.
16	11,5	15,8	Id.	16,4	16,7	Id.	13,9	14,0	Couvert.
17	15,6	15,6	Id.	21,6	21,9	Nuageux.	16,6	16,7	Id.
18	15,4	21,5	Id.	20,5	21,2	Id.	15,3	15,3	Id.
19	20,7	26,2	Soleil.	24,7	25,6	Id.	19,8	20,4	Nuageux.
20	24,9	15,5	Id.	24,2	25,0	Id.	15,6	15,9	Id.
21	15,3	13,6	Nuageux.	11,9	12,1	Pluie.	9,2	9,2	Clair.
22	13,5	18,7	Couvert.	17,8	18,4	Nuageux.	10,5	10,5	Id.
23	17,6	22,9	Nuageux.	22,1	22,8	Soleil.	18,0	18,4	Couvert.
24	22,4	15,2	Couvert.	23,7	24,6	Nuageux.	18,9	19,3	Id.
25	15,2	17,8	Id.	20,8	21,2	Id.	14,7	14,9	Clair.
26	17,3	14,6	Nuageux.	19,6	20,5	Id.	14,0	14,2	Id.
27	14,5	17,9	Couvert.	16,3	16,4	Pluie.	14,9	15,0	Couvert.
28	17,8	25,6	Id.	21,0	21,3	Couvert.	17,8	17,9	Id.
29	24,5	16,8	Soleil.	26,9	28,2	Nuageux.	21,5	22,0	Id.
30	16,7	16,2	Pluie.	22,8	23,1	Id.	17,2	17,3	Pluie.
31	16,1		Couvert.	18,7	19,0	Couvert.	15,0	15,1	Couvert.
Moy.	17,11	17,51		20,07	21,75		15,40	15,62	
Corr.	16,82	17,21		20,04	21,45		15,10	15,32	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 19,96
au marronnier, id. id. . . . 16,26

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUIN 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE.	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	18°1	18°4	Couvert.	22°3	22°8	Couvert.	16°9	17°0	Pluie.
2	15,8	15,8	Id.	18,4	18,5	Id.	15,8	15,8	Couvert.
3	20,2	21,4	Soleil.	24,9	26,1	Nuageux.	18,9	19,2	Nuageux.
4	17,1	17,5	Nuageux.	24,3	25,7	Soleil.	15,8	16,0	Clair.
5	23,9	25,2	Soleil.	27,6	28,4	Id.	18,7	19,2	Id.
6	21,8	22,4	Id.	25,4	26,5	Nuageux.	20,4	20,5	Id.
7	23,4	24,2	Nuageux.	25,8	26,4	Id.	21,0	21,4	Nuageux.
8	23,5	24,0	Couvert.	21,9	22,3	Id.	18,2	18,3	Couvert.
9	10,4	10,4	Pluie.	17,4	17,4	Id.	11,5	11,6	Pluie.
10	17,9	19,3	Soleil.	20,5	21,7	Id.	16,1	16,2	Couvert.
11	19,6	20,2	Nuageux.	21,0	21,8	Id.	14,8	14,8	Clair.
12	16,5	16,6	Couvert.	24,8	25,4	Id.	17,7	17,8	Couvert.
13	17,2	17,3	Nuageux.	20,6	20,8	Id.	14,4	14,4	Nuageux.
14	14,8	14,8	Id.	19,7	19,7	Id.	11,8	11,7	Pluie.
15	15,6	15,4	Id.	20,8	21,0	Id.	14,7	14,6	Clair.
16	15,7	15,7	Couvert.	20,4	20,8	Id.	13,9	14,0	Nuageux.
17	15,0	15,2	Nuageux.	19,5	19,8	Id.	16,0	16,1	Couvert.
18	12,4	12,4	Pluie.	14,3	14,3	Pluie.	11,9	11,9	Pluie.
19	15,5	15,6	Nuageux.	17,9	18,5	Nuageux.	12,8	12,8	Couvert.
20	13,1	13,0	Pluie.	16,1	16,3	Id.	12,9	12,9	Id.
21	14,5	14,6	Couvert.	18,4	18,5	Couvert.	14,2	14,2	Pluie.
22	15,6	15,7	Id.	18,2	18,6	Id.	13,5	13,5	Couvert.
23	15,4	15,6	Id.	18,6	18,9	Nuageux.	14,1	14,2	Nuageux.
24	19,8	20,9	Soleil.	22,3	23,4	Id.	16,9	17,1	Id.
25	18,5	18,6	Nuageux.	21,4	21,7	Id.	15,5	15,6	Clair.
26	16,6	16,9	Couvert.	24,7	25,8	Id.	17,4	18,0	Nuageux.
27	18,9	19,4	Nuageux.	20,9	21,3	Soleil.	12,8	12,9	Clair.
28	16,0	16,1	Id.	17,8	18,0	Couvert.	12,7	12,7	Id.
29	17,2	17,8	Soleil.	21,2	21,8	Nuageux.	16,0	16,3	Id.
30	14,4	14,5	Couvert.	16,3	16,4	Pluie.	13,9	14,0	Couvert.
Moy.	17,15	17,49		20,76	21,20		15,27	15,49	
Corr.	16,85	17,19		20,46	21,00		14,97	15,19	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 15,51
au marronnier, id. id. . . . 16,19

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JUILLET 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	17°5	17°8	Couvert.	18°5	18°5	Couvert.	15°8	15°8	Couvert.
2	14,9	15,0	Id.	19,6	19,8	Nuageux.	17,4	17,5	Id.
3	17,0	17,2	Id.	21,8	22,1	Couvert.	17,3	17,4	Id.
4	19,8	20,6	Nuageux.	24,3	25,9	Nuageux.	18,6	18,9	Id.
5	23,4	24,2	Id.	30,4	32,3	Id.	21,0	21,4	Clair.
6	19,2	19,5	Couvert.	16,5	16,6	Pluie.	13,9	14,2	Couvert.
7	18,4	18,7	Soleil.	20,0	20,4	Couvert.	15,6	15,6	Pluie.
8	18,5	18,6	Couvert.	21,9	22,3	Id.	16,8	17,1	Nuageux.
9	20,6	20,8	Nuageux.	26,8	27,6	Soleil.	19,7	20,3	Clair.
10	19,0	19,4	Couvert.	20,9	21,2	Couvert	16,3	16,4	Nuageux.
11	16,7	16,7	Id.	18,4	18,5	Id.	15,4	15,7	Couvert.
12	11,8	12,0	Pluie.	16,8	17,0	Pluie.	18,2	18,4	Id.
13	19,4	19,6	Nuageux.	22,9	23,1	Nuageux.	16,6	17,0	Nuageux.
14	20,5	20,9	Couvert.	26,2	27,5	Id.	19,8	20,3	Clair.
15	18,7	18,7	Id.	23,9	24,6	Id.	17,4	17,5	Couvert.
16	18,0	18,1	Id.	19,4	19,7	Couvert.	13,5	13,5	Clair.
17	18,6	19,3	Soleil.	24,8	25,6	Nuageux.	16,4	16,7	Couvert.
18	21,4	22,5	Id.	23,9	24,3	Couvert.	19,6	19,6	Pluie.
19	22,8	23,9	Id.	26,5	27,6	Soleil.	21,3	21,7	Clair.
20	20,6	20,8	Nuageux.	23,7	24,0	Couvert.	20,4	20,6	Couvert.
21	17,3	17,5	Couvert.	21,8	22,4	Nuageux.	16,5	16,8	Clair.
22	22,1	23,0	Soleil.	25,6	26,8	Soleil.	19,8	20,0	Pluie.
23	23,4	23,6	Couvert.	25,2	25,3	Couvert.	19,7	19,9	Couvert.
24	20,8	21,2	Nuageux.	26,4	27,5	Soleil.	20,8	21,3	Clair.
25	23,7	24,6	Soleil.	30,8	31,6	Id.	21,5	21,7	Id.
26	24,9	25,8	Id.	35,2	37,5	Id.	23,6	24,2	Id.
27	26,0	27,2	Id.	30,4	32,3	Id.	22,1	22,4	Id.
28	21,7	21,6	Id.	30,2	30,0	Id.	22,5	22,7	Nuageux.
29	18,5	18,7	Couvert.	26,5	27,4	Id.	22,7	22,7	Id.
30	15,2	15,2	Id.	14,9	14,7	Couvert.	14,4	14,2	Couvert.
31	29,4	22,1	Soleil.	24,8	26,2	Soleil.	17,5	17,5	Clair.
Moy.	19,70	20,15		23,84	24,52		18,45	18,69	
Corr.	19,40	19,85		23,54	24,32		18,15	18,39	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 18,77
au marronnier, id. id. . . . 19,12

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

AOUT 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	24°8	26°2	Soleil.	28°9	30°5	Soleil.	20°2	26°5	Clair.
2	27,2	28,7	Id.	32,7	35,8	Nuageux.	21,8	22,4	Couvert.
3	19,0	18,9	Couvert.	23,8	24,3	Soleil.	17,6	17,8	Nuageux.
4	23,7	25,4	Soleil.	26,5	28,4	Id.	18,6	18,7	Clair.
5	21,9	22,3	Nuageux.	26,0	27,2	Id.	20,0	20,2	Nuageux.
6	19,7	20,0	Soleil.	22,9	23,5	Nuageux.	16,4	16,6	Clair.
7	18,1	18,6	Couvert.	23,8	24,2	Id.	16,5	16,5	Couvert.
8	17,8	17,8	Id.	21,7	21,9	Id.	14,9	15,0	Nuageux.
9	16,5	16,4	Nuageux.	14,6	14,6	Pluie.	14,3	14,3	Couvert.
10	15,9	15,9	Couvert.	16,9	17,2	Couvert.	15,0	15,1	Nuageux.
11	15,6	15,6	Id.	17,0	17,1	Id.	15,5	15,4	Couvert.
12	18,0	18,5	Id.	21,8	23,2	Nuageux.	13,4	13,4	Clair.
13	22,1	23,4	Soleil.	27,1	29,4	Soleil.	17,9	18,5	Id.
14	24,8	26,7	Id.	22,6	22,9	Pluie.	18,4	18,6	Couvert.
15	20,2	20,6	Couvert.	20,9	21,2	Id.	17,6	17,7	Id.
16	18,9	19,4	Nuageux.	20,6	21,0	Couvert.	16,7	16,8	Id.
17	18,4	18,7	Couvert.	16,8	16,8	Pluie.	15,6	15,6	Id.
18	18,6	18,9	Id.	22,7	23,6	Nuageux.	17,4	17,4	Id.
19	15,0	15,2	Id.	17,5	17,9	Couvert.	15,9	16,0	Id.
20	17,8	18,1	Id.	23,6	24,2	Nuageux.	18,7	18,9	Clair.
21	23,6	24,5	Soleil.	24,7	25,4	Pluie.	18,9	19,2	Id.
22	17,4	17,6	Couvert.	19,5	19,6	Couvert.	14,8	14,9	Id.
23	16,1	16,3	Nuageux.	22,1	22,8	Soleil.	17,2	17,4	Id.
24	18,7	19,4	Soleil.	23,9	24,7	Id.	17,9	18,2	Id.
25	21,5	23,8	Id.	25,6	27,3	Id.	18,5	18,7	Id.
26	22,8	24,3	Id.	25,8	26,0	Nuageux.	21,0	21,3	Couvert.
27	18,4	18,5	Couvert.	19,9	20,4	Pluie.	18,3	18,4	Pluie.
28	14,7	14,7	Pluie.	14,3	14,3	Id.	13,5	13,5	Id.
29	12,4	12,2	Id.	12,6	12,4	Id.	14,2	14,0	Couvert.
30	18,0	18,6	Nuageux.	21,5	22,6	Nuageux.	16,2	16,2	Clair.
31	16,5	16,7	Couvert.	23,0	23,9	Id.	17,0	17,2	Id.
Moy.	19,17	19,35		22,30	22,70		17,00	17,20	
Corr.	18,87	19,05		22,00	22,40		16,70	16,90	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 17,78
au marronnier, id. id. . . . 17,97

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

SEPTEMBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	20°5	21°2	Soleil.	21°4	22°1	Couvert.	15°5	15°6	Pluie.
2	18,2	18,4	Couvert.	15,5	15,6	Pluie.	15,4	15,5	Id.
3	17,4	17,6	Nuageux.	18,4	18,9	Couvert.	12,6	12,6	Couvert.
4	17,6	18,9	Id.	19,7	20,3	Nuageux.	15,7	15,7	Id.
5	12,9	12,8	Pluie.	17,5	18,0	Couvert.	12,8	12,7	Id.
6	17,0	17,4	Nuageux.	22,3	23,2	Nuageux.	14,5	14,8	Id.
7	16,8	16,8	Pluie.	17,5	17,6	Couvert.	13,4	13,4	Nuageux.
8	18,6	18,7	Couvert.	21,2	21,5	Id.	17,8	18,0	Id.
9	20,3	20,9	Nuageux.	24,5	25,7	Soleil.	14,9	15,2	Clair.
10	20,8	22,1	Id.	21,8	22,4	Couvert.	16,4	16,6	Couvert.
11	15,6	15,6	Id.	17,6	18,1	Id.	13,6	13,7	Clair.
12	16,7	17,0	Soleil.	17,9	18,6	Id.	12,0	12,1	Id.
13	18,2	19,8	Id.	23,4	25,1	Soleil.	12,4	12,5	Id.
14	16,6	18,2	Id.	24,5	26,2	Id.	15,6	16,0	Id.
15	22,4	23,7	Id.	25,2	26,9	Id.	19,2	19,6	Nuageux.
16	19,7	20,5	Id.	25,6	27,0	Id.	18,5	18,9	Clair.
17	14,6	14,8	Couvert.	22,5	23,7	Id.	16,9	17,1	Id.
18	17,9	18,6	Soleil.	24,0	24,8	Id.	16,8	16,9	Id.
19	16,5	17,3	Id.	22,6	23,5	Id.	15,7	16,0	Id.
20	16,2	16,9	Id.	22,8	23,7	Id.	15,5	16,1	Id.
21	16,0	16,4	Id.	21,4	22,9	Id.	14,1	14,3	Id.
22	15,4	15,8	Id.	20,9	22,6	Id.	13,9	14,1	Id.
23	14,0	14,7	Couvert.	19,8	20,5	Couvert.	16,0	16,2	Couvert.
24	17,8	18,3	Nuageux.	24,5	25,4	Nuageux.	16,7	16,9	Pluie.
25	17,8	18,2	Couvert.	21,2	22,0	Id.	14,5	14,8	Clair.
26	18,9	20,4	Soleil.	26,1	27,9	Soleil.	17,8	18,5	Id.
27	20,2	21,3	Nuageux.	27,5	29,2	Id.	19,6	20,0	Pluie.
28	19,1	19,6	Couvert.	23,7	24,1	Couvert.	19,4	19,5	Couvert.
29	19,4	20,0	Id.	21,9	22,7	Id.	17,8	18,2	Clair.
30	18,2	18,7	Id.	24,2	25,6	Nuageux.	15,4	15,6	Pluie.
Moy.	17,71	18,35		22,24	22,86		15,68	15,90	
Corr.	17,41	18,05		21,94	22,56		15,38	15,60	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 16,39
au marronnier, id. id. . . . 16,53

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

OCTOBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de l'amphithéâtre	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.
1	10°2	10°2	Couvert.	15°5	15°8	Pluie.	11°4	11°6	Couvert.
2	11,3	11,5	Pluie.	15,0	15,4	Couvert.	13,9	14,2	Id.
3	15,1	15,6	Couvert.	20,8	21,5	Id.	17,8	18,1	Id.
4	16,5	16,7	Pluie.	17,2	17,6	Id.	15,2	15,4	Id.
5	16,7	16,8	Couvert.	19,8	20,4	Id.	15,6	15,7	Nuageux.
6	16,2	16,5	Id.	20,5	20,9	Nuageux.	15,8	15,8	Id.
7	14,5	14,7	Id.	13,8	13,8	Pluie.	11,9	12,0	Couvert.
8	13,6	14,2	Nuageux.	19,3	19,7	Nuageux.	12,7	12,9	Clair.
9	17,4	18,0	Soleil.	21,7	22,9	Soleil.	13,6	13,8	Id.
10	18,5	19,7	Id.	23,8	25,4	Id.	14,8	15,2	Id.
11	15,2	15,5	Couvert	2[illegible],5	21,8	Nuageux.	13,0	13,6	Id.
12	16,0	16,4	Id.	20,2	20,5	Couvert.	18,4	18,7	Couvert.
13	15,4	15,5	Id.	17,3	17,6	Id.	15,2	15,3	Id.
14	19,8	20,4	Soleil.	23,9	25,0	Nuageux.	17,6	18,2	Clair.
15	21,7	22,9	Id.	25,4	26,8	Soleil.	16,9	17,3	Couvert.
16	14,4	14,5	Couvert.	17,8	18,6	Id.	9,7	10,0	Clair.
17	10,0	10,2	Id.	13,4	13,6	Pluie.	11,4	11,6	Id.
18	11,7	12,1	Id.	14,2	14,5	Couvert.	11,2	11,5	Pluie.
19	11,5	11,8	Nuageux.	12,5	12,9	Id.	10,5	10,7	Id.
20	10,9	11,2	Pluie.	10,4	10,6	Pluie	7,5	7,6	Clair.
21	9,7	10,0	Couvert	10,2	10,5	Id.	10,2	10,4	Pluie.
22	12,3	12,3	Id.	12,2	12,4	Id.	11,6	11,7	Id.
23	11,8	12,2	Id.	14,0	14,6	Nuageux.	10,0	10,2	Clair.
24	10,6	10,9	Id.	12,7	13,2	Couvert.	7,6	7,6	Nuageux.
25	7,3	7,8	Nuageux.	13,4	13,7	Soleil.	5,4	5,5	Clair.
26	9,0	9,2	Soleil.	9,2	9,5	Pluie.	8,9	8,9	Nuageux.
27	9,5	10,4	Id	13,9	14,6	Nuageux.	8,0	8,2	Clair.
28	8,4	8,5	Couvert.	13,5	13,8	Id.	6,9	7,1	Id.
29	6,8	7,4	Id.	11,8	12,4	Couvert.	10,2	10,4	Couvert.
30	9,5	9,8	Pluie.	12,2	12,7	Id.	9,9	10,4	Id.
31	10,9	11,3	Couvert.	17,3	18,4	Soleil.	10,8	11,7	Clair.
Moy.	13,10	13,36		16,23	16,80		12,05	12,30	
Corr.	12,07	13,06		15,93	16,50		11,75	12,00	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 11°91
au marronnier, id. id. . . 12,53

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

NOVEMBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de l'amphithéâtre	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.	MAT de l'amphithéâtre	MAT du marronnier.	ÉTAT du ciel.
1	9,4	9,5	Brouillard.	15,2	15,7	Couvert.	12,4	12,7	Couvert.
2	12,2	12,6	Couvert.	14,5	14,9	Id.	11,5	11,8	Id.
3	11,5	11,9	Id.	11,8	11,8	Id.	10,4	10,4	Id.
4	10,6	10,8	Id.	11,9	12,1	Id.	10,5	10,7	Id.
5	10,4	10,6	Id.	10,2	10,4	Id.	9,3	9,5	Id.
6	9,8	10,1	Id.	11,2	11,5	Id.	9,8	9,8	Id.
7	10,5	10,7	Id.	12,0	12,7	Id.	7,4	7,6	Clair.
8	4,6	4,6	Brouillard.	10,2	10,8	Nuageux.	5,2	5,4	Nuageux.
9	6,2	6,5	Nuageux.	9,8	10,2	Couvert.	9,3	9,5	Couvert.
10	10,0	10,4	Couvert.	12,4	12,9	Id.	8,2	8,4	Id.
11	7,2	7,3	Id.	6,2	6,5	Id.	4,8	4,8	Id.
12	3,2	3,4	Nuageux.	8,5	8,9	Id.	6,5	6,5	Id.
13	7,9	8,1	Couvert.	9,7	10,2	Id.	8,4	8,4	Id.
14	8,2	8,5	Id.	9,8	10,3	Id.	7,3	7,5	Pluie.
15	6,5	6,7	Pluie.	7,3	7,6	Pluie.	7,8	7,8	Id.
16	6,4	6,5	Couvert.	7,8	8,0	Couvert.	5,8	5,8	Clair.
17	7,8	8,1	Nuageux.	8,5	8,7	Id.	5,9	6,2	Id.
18	4,3	4,5	Brouillard.	7,1	7,5	Id.	4,6	4,7	Couvert.
19	4,5	4,6	Id.	4,6	4,8	Brouillard.	4,2	4,3	Id.
20	0,9	1,0	Soleil.	2,5	2,8	Soleil.	+ 0,3	+ 0,4	Id.
21	+ 1,6	+ 1,6	Couvert.	1,8	2,1	Nuageux.	— 1,8	— 1,7	Clair.
22	— 1,8	— 1,8	Id.	1,7	2,0	Couvert.	+ 1,6	+ 1,6	Couvert.
23	— 0,7	— 0,5	Nuageux.	2,5	2,9	Nuageux.	— 2,4	— 2,4	Brouillard.
24	+ 0,9	+ 1,2	Soleil.	2,6	2,8	Couvert.	— 0,9	— 0,8	Clair.
25	— 1,5	— 1,3	Couvert.	+ 0,2	+ 0,2	Id.	— 0,7	— 0,7	Couvert.
26	— 0,3	— 0,2	Brouillard.	1,0	1,2	Id.	+ 2,1	+ 2,4	Pluie fine.
27	+ 2,2	+ 2,4	Pluie.	6,2	6,5	Id.	3,8	4,0	Pluie.
28	4,0	4,3	Brouillard.	4,9	5,2	Brouillard.	3,7	3,8	Couvert.
29	4,2	4,5	Id.	8,4	8,7	Couvert.	6,4	6,7	Id.
30	5,4	5,6	Brouillard.	7,3	7,6	Brouillard.	6,5	6,8	Id.
Moy.	5,52	5,74		7,59	7,92		5,59	5,73	
Corr.	5,22	5,44		7,29	7,62		5,29	5,43	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 5,25
au marronnier, id. id. . . . 5,43

TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES.

ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE 1861.

DATE.	AMPHITHÉATRE A 16m,25 AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE			MARRONNIER A 21m AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE			NORD A 1m,33 AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE			MIDI A 1m,33 AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE		
	à 9 h. du matin.	à 9 h. du soir.	Moyenne.	à 9 h. du matin.	à 9 h du soir.	Moyenne.	à 9 h. du matin.	à 9 h. du soir.	Moyenne.	à 9 h. du matin.	à 9 h. du soir.	Moyenne.
Decembre 1860	3°47	3°56	3°51	3°14	3°70	3°37	3°14	3°60	3°37	4°36	4°2	4°28
Janvier 1861. .	— 1,00	— 1,03	— 1,01	— 1,05	— 0,80	— 0,92	— 1,60	— 1,50	— 1,55	— 2,50	— 1,2	1,85
Février. . . .	5,30	5,90	5,60	5,50	6,16	5,83	4,74	6,90	5,32	5,69	5,7	5,69
Mars. . . .	8,68	8,40	8,54	8,76	8,54	8,65	8 09	7,94	7,97	11,88	8,8	10,34
Avril. . . .	10,92	9,91	10,41	11,24	10,09	10,66	9,75	9,76	8,01	16,40	9,76	13,08
Mai. . . .	15,44	13,56	14,80	16,00	13,88	14,96	14,67	13,30	13,68	19,03	14,89	16,96
Juin. . . .	20,85	17,96	19,40	21,03	18,17	20,05	19,49	17,80	18,64	24,54	17,97	21,25
Juillet . . .	19,80	17,60	18,70	20,00	17,64	18,82	15,80	17,20	16,50	22,40	17,30	19,85
Août. .	22,52	19,96	21,21	23,10	20,23	21,66	20,73	19,34	20,03	28,17	19,50	23,83
Septembre. . .	17,91	15,87	16,89	18,32	15,80	17,06	15,93	14,93	15,43	21,89	11,73	16,81
Octobre. . . .	13,45	12,23	12,84	13,80	12,50	13,15	12,43	11,72	12,07	14,66	12,43	13,54
Novembre. .	6,61	6,58	6,60	6,68	6,95	6,81	5,82	5,53	5,67	6,49	6,09	6,29
Moyenne. .	11,99	10,87	11,43	12,27	11,07	11,67	10,70	10,46	10,58	14,41	10,60	12,50

TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES.

ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE 1862.

DATE.	AMPHITHÉATRE A $16^m,25$ AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE			MARRONNIER A 21^m AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE			NORD A $1^m,33$ AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE			MIDI A $1^m,33$ AU-DESSUS DU SOL. TEMPÉRATURE		
	à 9 h. du matin.	à 9 h. du soir.	Moyenne.	à 9 h. du matin.	à 9 h. du soir.	Moyenne.	à 9 h. du matin.	à 9 h du soir.	Moyenne.	à 9 h. du matin.	à 9 h. du soir.	Moyenne.
Décembre 1861	3°37	3°38	3°375	3°54	2°45	3°99	2°90	3°00	2°95	3°2	3°0	3°1
Janvier 1862 .	2,70	3,15	2,92	3,74	5,52	4,63	2,38	3,03	3,23	3,5	3,1	2,8
Février. . . .	4,64	4,60	4,62	4,80	4,80	4,80	4,05	4,57	4,31	5,7	4,01	5,15
Mars.	9,10	8,70	8,90	9,29	8,70	8,99	8,40	8,73	8,56	12,0	8,73	10,36
Avril. . . .	12,67	11,01	11,84	13,03	11,08	12,05	12,03	11,06	11,54	15,69	11,34	13,51
Mai	16,82	15,10	15,96	17,21	15,32	16,26	16,16	15,16	15,66	16,59	15,53	16,06
Juin	16,85	14,97	15,91	17,19	15,19	16,19	16,54	15,03	15,78	20,09	15,26	15,67
Juillet. . . .	19,40	18,15	18,77	19,85	18,39	19,12	18,94	18,04	18,49	22,60	18,21	20,40
Août.	18,87	16,70	17,78	19,05	16,90	17,97	17,98	16,80	17,39	22,23	16,80	19,51
Septembre. .	17,41	15,38	16,39	18,05	15,60	16,82	16,04	15,29	15,66	21,22	15,43	18,32
Octobre. . . .	12,70	15,75	14,22	13,06	12,00	13,11	11,76	11,59	11,67	13,56	11,82	12,60
Novembre. . .	5,24	5,29	5,26	5,44	5,43	5,435	4,80	5,13	4,96	5,65	5,21	5,43
Moyenne. .	11,60	10,68	11,18	12,02	11,03	11,52	10,99	10,64	10,81	»	»	»

OBSERVATIONS MENSUELLES

DE 6 HEURES DU MATIN

DU 1er DÉCEMBRE 1861 AU 1er DÉCEMBRE 1862.

DATE.	TEMPÉRATURE au Nord à 1m,33	TEMPÉRATURE au Midi à 1m,33	TEMPÉRATURE à 16m,25	TEMPÉRATURE à 20m
Décembre 1861.	1°80	1°90	1°98	2°03
Janvier 1862.	1,60	1,60	1,51	1,52
Février	2,61	2,70	2,65	2,64
Mars	5,16	5,26	5,16	5,18
Avril	7,23	7,29	7,32	7,35
Mai	12,62	12,67	12,50	12,63
Juin	13,13	13,25	13,01	13,01
Juillet	15,70	15,74	14,91	15,50
Août	14,03	14,13	13,92	13,93
Septembre	12,16	12,31	12,01	12,14
Octobre	9,46	9,62	9,48	9,62
Novembre	3,74	3,87	3,87	3,92
Moyenne de l'année.	8,26	8,36	8,20	8,30

OBSERVATIONS

FAITES AU MIDI A 1^{m},33 AU-DESSUS DU SOL

PENDANT L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE 1862.

DATE.	TEMPÉRATURE à 9 HEURES DU MATIN.	TEMPÉRATURE à 9 HEURES DU SOIR.
Décembre 1861	3°20	3°00
Janvier 1862	2,50	3,10
Février	5,70	4,61
Mars	12,00	8,73
Avril	15,69	11,14
Mai	16,59	15,33
Juin	20,09	15,26
Juillet	23,60	18,21
Août	22,23	16,80
Septembre	21,22	15,43
Octobre	13,56	11,82
Novembre	5,65	6,21
Moyenne de l'année	13°42	10,72

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	DÉCEMBRE 1860. — 9 HEURES DU MATIN.		JANVIER 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		FÉVRIER 1861. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	11°3	2°9	11°3	7°0	0°0	— 1°0
2	8,7	1,9	9,1	— 0,1	3,6	1,2
3	8,1	4,7	0,4	— 6,0	6,4	— 4,3
4	9,5	5,1	— 0,2	— 6,0	0,4	— 3,4
5	11,5	6,9	1,6	— 4,3	0,2	— 2,6
6	10,0	6,7	— 2,2	— 9,2	4,7	0,2
7	10,5	8,8	— 0,8	— 8,0	11,2	2,0
8	10,0	5,0	— 0,8	— 6,6	8,9	0,0
9	7,9	5,3	— 2,5	— 9,3	9,6	1,2
10	9,1	4,0	— 3,1	— 7,0	9,2	4,0
11	9,1	2,0	— 3,0	— 6,0	5,2	1,6
12	6,7	3,2	— 4,3	— 7,8	1,6	— 5,6
13	5,7	4,0	— 3,5	— 7,6	4,6	2,5
14	4,7	0,0	— 2,4	— 8,5	8,4	0,6
15	2,0	0,3	— 1,8	— 6,5	8,9	0,2
16	3,0	— 2,0	— 3,0	— 10,4	8,8	4,0
17	3,0	— 0,7	— 3,0	— 9,0	10,6	4,2
18	1,2	— 1,7	0,2	— 5,6	11,8	5,0
19	2,7	1,0	0,2	— 5,6	11,4	3,2
20	0,0	— 3,2	— 3,0	— 4,1	9,0	5,2
21	— 0,7	— 4,9	0,0	0,0	9,6	6,4
22	0,8	— 4,7	3,8	1,9	11,7	8,0
23	— 1,0	— 1,8	— 1,6	— 1,4	10,4	7,0
24	0,0	— 7,8	— 0,8	— 2,6	13,1	6,4
25	— 1,0	— 4,0	3,0	2,0	7,2	5,2
26	— 0,1	— 1,1	8,1	0,6	11,0	4,8
27	2,1	1,3	12,0	3,0	7,4	3,6
28	3,9	0,8	11,0	1,4	5,0	2,0
29	2,0	— 8,0	4,8	1,0	»	»
30	1,1	— 6,1	+ 2,0	— 2,4	»	»
31	8,8	1,2	+ 2,0	— 1,2	»	»
Moyennes.	4,80	0,55	1,3	— 4,04	7,49	3,41

Moyennes : du maxima et du minima de décembre . . 2°27
Id. id. de janvier. . . — 1,36
Id. id. de février . . . 5,45

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	MARS 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		AVRIL 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		MAI 1861. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	10°4	1°6	12°2	2°3	12°0	2°3
2	10,4	4,0	13,4	5,2	16,6	8,0
3	10,8	6,4	13,0	5,9	16,2	6,4
4	14,5	5,8	11,8	5,2	17,0	4,9
5	9,8	1,0	14,8	8,2	8,4	2,0
6	9,2	4,5	13,8	7,0	8,5	1,2
7	12,4	6,2	14,6	4,5	10,0	5,2
8	10,0	5,0	13,8	3,2	11,6	4,2
9	13,3	7,2	12,6	2,3	12,8	2,0
10	11,8	2,0	8,9	0,4	19,0	10,5
11	16,2	5,4	11,8	2,8	20,4	11,6
12	9,0	2,5	15,4	4,2	23,0	10,2
13	9,7	2,0	14,2	5,4	19,0	10,7
14	6,9	1,4	15,2	7,2	12,8	6,9
15	7,2	1,0	13,0	6,2	13,0	6,9
16	10,8	0,4	14,0	5,8	18,6	8,0
17	10,9	1,2	19,6	6,4	21,6	10,8
18	8,9	3,0	22,1	6,2	22,0	4,1
19	8,3	3,2	19,0	4,5	13,1	3,4
20	10,2	3,2	17,4	3,2	14,6	4,4
21	10,0	6,8	13,6	2,0	19,8	8,2
22	11,0	1,8	16,1	4,2	23,4	12,1
23	11,0	— 0,2	10,6	3,0	23,6	12,3
24	13,4	2,8	13,8	3,2	23,2	13,4
25	17,6	7,9	13,0	2,8	20,6	7,2
26	13,2	8,4	19,0	7,0	23,8	8,3
27	15,0	6,2	18,8	7,9	26,2	13,4
28	16,3	»	17,0	4,2	28,0	13,1
29	17,0	6,7	11,2	4,0	29,4	15,7
30	12,0	0,8	13,0	1,6	23,2	13,0
31	13,8	6,9			19,8	11,0
Moyennes.	11,64	3,93	14,56	4,53	18,46	8,11

Moyennes : des maxima et des minima de mars. . . 7°78
Id. id. d'avril. . . . 9,54
Id. id. de mars. . . 13,28

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	JUIN 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		JUILLET 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		AOUT 1861. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	23°0	10°2	19°1	11°5	24°0	11°9
2	17,4	10,6	23,4	12,0	26,0	13,8
3	18,0	10,2	20,6	10,4	29,9	14,2
4	17,6	9,6	21,4	10,0	23,4	13,5
5	21,3	10,4	24,0	12,4	22,0	14,2
6	21,0	8,6	22,0	11,7	31,6	15,2
7	19,6	11,3	22,0	13,8	26,1	15,0
8	21,0	12,2	21,0	13,2	30,4	18,3
9	20,6	12,4	20,6	12,8	25,8	19,4
10	21,4	11,0	21,8	12,4	28,2	19,0
11	20,4	10,2	22,1	14,3	25,6	15,2
12	20,4	12,0	23,0	15,4	31,2	17,1
13	24,5	12,2	28,1	16,0	37,6	18,2
14	27,6	15,8	22,4	13,2	29,2	16,7
15	30,2	16,4	21,8	14,0	29,9	17,0
16	29,7	18,2	22,8	13,4	32,7	18,9
17	28,6	17,0	22,8	14,9	33,1	15,2
18	28,9	17,5	23,4	15,0	24,2	12,0
19	31,0	18,2	23,7	12,2	26,8	13,1
20	30,2	24,0	23,4	11,0	23,9	12,8
21	31,2	23,9	24,8	17,6	21,6	10,3
22	30,0	17,2	25,8	14,3	22,4	10,2
23	28,2	17,0	25,3	15,4	23,1	11,8
24	23,6	13,0	23,8	14,2	27,2	13,0
25	23,2	14,1	22,8	16,2	19,5	11,2
26	24,6	14,8	27,9	17,6	19,8	10,7
27	22,9	13,4	23,9	13,4	21,6	11,0
28	23,0	13,6	21,8	11,9	24,5	11,8
29	23,9	13,2	21,4	11,3	28,4	13,0
30	21,8	13,2	24,7	13,2	25,0	14,1
31			24,0	12,4	24,0	10,7
Moyennes.	24,16	14,05	23,68	13,43	26,31	14,14

Moyennes : des maxima et des minima de juin. . . 19°10
Id. id. de juillet. . 18,55
Id. id. d'août . . . 20,37

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	SEPTEMBRE 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		OCTOBRE 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		NOVEMBRE 1861. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	24°0	10°3	22°6	10°4	9°0	5°6
2	27,0	10,7	24,7	12,7	8,2	0,2
3	29,8	14,6	21,5	12,8	7,5	0,6
4	27,9	16,6	20,4	11,2	8,6	1,0
5	25,7	17,6	20,5	10,0	8,2	3,2
6	25,8	14,0	22,8	11,4	10,7	6,4
7	30,5	12,4	25,2	11,8	11,0	5,1
8	21,8	10,2	24,2	12,5	12,8	6,7
9	21,2	8,9	24,6	15,1	10,0	5,6
10	22,4	14,3	23,9	12,6	8,9	0,2
11	20,9	10,5	24,0	15,9	9,8	4,2
12	20,0	8,0	21,5	8,2	10,5	3,4
13	21,8	8,1	18,2	6,4	12,6	6,3
14	24,2	12,0	19,4	7,3	16,8	6,0
15	24,7	10,9	20,8	8,1	10,0	3,4
16	17,5	9,7	20,0	8,4	7,0	1,2
17	18,0	10,8	18,2	10,1	2,6	— 1,0
18	16,8	7,6	15,4	7,0	4,6	— 2,6
19	17,9	7,4	13,0	4,5	1,2	— 3,0
20	20,0	7,8	16,4	5,9	2,4	— 6,4
21	22,1	12,3	16,5	7,2	0,2	— 4,8
22	20,2	12,8	19,4	9,2	7,4	— 1,2
23	16,4	13,2	14,8	6,5	11,4	+ 4,0
24	17,5	11,9	15,0	6,9	9,0	0,4
25	18,6	10,0	16,5	5,2	4,6	— 3,4
26	18,0	8,4	15,2	3,0	9,2	+ 0,2
27	16,1	5,8	11,5	2,1	12,0	9,0
28	16,8	5,0	5,2	2,3	14,2	6,7
29	18,7	8,4	8,2	2,0	10,0	5,2
30	19,3	10,0	5,6	0,6	11,8	8,4
31			6,2	2,8		
Moyennes.	21,38	10,67	17,74	8,30	8,74	2,35

Moyennes : des maxima et des minima de septembre . . . 16°02
Id. id. d'octobre 13,00
Id. id. de novembre. . . . 5,54

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	DÉCEMBRE 1861. — 9 HEURES DU MATIN.		JANVIER 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		FÉVRIER 1862. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	14°3	7°0	— 0°4	— 4°0	13°2	9°8
2	11,8	1,3	— 1,4	— 3,6	12,2	8,9
3	6,1	— 2,0	2,1	— 5,1	10,5	7,0
4	4,5	— 3,0	4,0	— 4,0	9,0	7,0
5	2,8	— 3,7	5,0	+ 0,6	12,0	7,4
6	4,5	— 1,0	5,2	0,4	13,2	7,4
7	10,2	+ 1,0	4,0	0,6	9,0	4,0
8	11,6	9,0	3,2	0,0	4,0	— 5,0
9	14,7	9,3	3,0	1,0	— 2,8	— 8,6
10	11,8	5,4	8,9	2,0	— 1,9	— 6,0
11	10,4	4,8	12,4	9,2	0,0	— 4,8
12	9,8	6,2	12,1	3,8	+ 2,4	— 3,0
13	9,4	5,2	8,0	4,6	4,6	+ 0,4
14	12,0	5,7	7,8	2,0	6,2	— 1,0
15	10,7	0,4	6,0	0,4	3,6	— 2,7
16	10,1	4,2	4,7	— 1,3	4,8	— 4,0
17	9,0	6,7	— 1,0	— 6,7	8,0	— 1,0
18	9,7	6,2	— 4,3	— 8,9	13,8	+ 4,0
19	8,6	2,4	— 4,0	—10,4	14,1	3,5
20	4,5	— 0,2	— 5,2	—10,0	15,6	5,7
21	3,0	— 3,0	+ 2,0	— 8,4	15,4	2,0
22	0,8	— 4,9	3,0	0,4	14,2	3,4
23	— 0,5	— 4,0	5,2	0,8	12,2	3,0
24	+ 2,0	— 3,4	5,0	2,0	11,7	2,9
25	3,0	— 3,8	10,0	6,2	9,1	0,6
26	2,9	— 6,2	10,7	1,7	8,4	0,2
27	1,0	— 6,4	7,8	— 2,6	2,5	1,0
28	3,1	— 5,7	4,8	— 2,8	5,8	0,5
29	1,6	— 6,5	2,8	— 1,0	»	»
30	— 3,0	— 6,9	9,0	+ 6,2	»	»
31	+ 2,0	— 7,0	12,1	10,2	»	»
Moyennes.	6,63	0,23	4,79	1,26	8,24	1,35

Moyennes : des maxima et des minima de décembre . . . 3°28
Id. id. de janvier . . . 3,02
Id. id. de février. . . . 4,79

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	MARS 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		AVRIL 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		MAI 1862. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	8°4	— 1°2	14°6	4°2	24°1	11°9
2	5,8	— 2,0	15,3	4,6	26,7	12,2
3	6,5	+ 0,2	18,6	9,7	21,2	9,4
4	3,6	— 2,4	15,7	6,8	27,8	13,4
5	6,0	— 5,0	17,1	7,0	26,7	13,2
6	10,5	— 2,1	18,7	6,4	25,2	11,8
7	16,0	+ 8,0	18,7	9,0	29,1	15,2
8	17,8	5,4	17,6	9,8	19,0	8,1
9	19,0	6,0	13,7	9,2	21,4	11,7
10	15,7	4,0	13,6	6,4	18,0	7,0
11	13,2	4,0	16,0	6,5	17,4	8,8
12	12,1	7,5	15,8	4,0	19,1	9,3
13	15,0	6,8	7,4	— 1,0	18,2	10,0
14	16,2	7,4	6,7	— 0,4	17,6	9,8
15	16,2	6,3	7,8	— 0,3	18,1	11,0
16	13,0	5,8	8,6	0,0	17,8	9,7
17	15,0	4,8	12,0	+ 5,2	16,5	12,2
18	12,8	3,9	12,1	4,3	20,8	11,9
19	15,6	4,5	16,0	5,4	19,7	13,8
20	12,0	5,0	20,8	6,4	24,7	11,7
21	12,6	4,8	21,7	8,5	25,0	11,6
22	14,0	2,6	22,0	8,4	18,4	5,0
23	6,4	2,0	24,1	9,2	17,8	6,3
24	10,3	3,7	18,0	4,3	22,0	11,0
25	20,1	8,6	23,1	10,0	23,1	13,2
26	20,4	7,2	29,2	13,2	20,6	8,5
27	18,3	10,8	27,1	10,0	19,5	7,9
28	20,4	11,4	15,6	10,2	18,1	13,4
29	15,8	9,2	17,2	7,8	21,2	12,8
30	17,8	7,8	20,0	7,2	26,3	15,2
31	13,8	3,6			24,1	13,5
Moyennes.	13,86	4,47	16,83	6,40	21,45	10,91

Moyennes : des maxima et des minima de mars . . . . 9°36
Id. id. d'avril. 11,64
Id. id. de mai. 16,18

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	JUIN 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		JUILLET 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		AOUT 1862. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	19°3	12°4	17°2	8°7	23 7	11°5
2	21,5	14,2	19,6	13,1	27,0	13,4
3	19,0	11,3	20,2	11,5	31,2	12,8
4	25,2	12,2	22,7	10,9	22,6	11,0
5	23,0	11,4	23,2	13,8	25,8	12,7
6	26,7	12,8	30,8	16,0	26,0	13,1
7	26,8	16,2	20,7	12,2	22,8	11,6
8	26 9	15,1	21,2	14,3	23,0	12,0
9	25,1	9,7	22,5	12,6	21,9	11,2
10	17,0	6,8	26,7	15,6	20,6	10,7
11	20,5	12,4	23,1	11,8	19,7	9,3
12	21,2	10,6	19,6	11,0	19,5	13,4
13	25,4	12,2	18,7	11,9	20,3	5,9
14	20,6	10,3	23,0	13,4	24,2	10,7
15	20,5	8,7	26,2	16,1	26,3	13,6
16	21,5	11,4	23,6	13,8	22,8	14,5
17	20,1	9,6	19,8	10,3	22,1	14,4
18	19,5	9,4	23,1	12,4	21,0	14,3
19	15,3	9,6	25,0	16,1	21,2	14,0
20	18,1	11,3	26,7	16,2	18,1	14,2
21	16,4	11,4	24,2	14,3	23,0	14,0
22	19,0	11,6	22,1	9,7	26,3	13,8
23	18,7	12,3	23,9	14,0	19,4	9,8
24	19,1	7,9	26,5	14,3	21,2	10,0
25	22,8	11,7	27,3	13,5	22,0	10,7
26	21,0	11,8	30,5	14,2	24,6	12,1
27	24,0	13,2	33,6	18,7	24,8	16,2
28	21,7	8,3	30,8	14,0	18,9	13,8
29	19,2	8,2	29,4	15,8	14,5	11,2
30	22,0	12,0	25,7	12,9	16,4	11,3
31			17,1	9,0	20,7	12,1
Moyennes.	21,24	11,23	24,0	13,29	22,47	12,33

Moyennes : des maxima et des minima de juin. . . . 16°23
Id. id, de juillet. . . 18,64
Id. id. d'août 17,40

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	SEPTEMBRE 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		OCTOBRE 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		NOVEMBRE 1862. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	21°0	12°3	22°8	8°9	15°1	7°5
2	21,2	14,6	16,0	7,8	14,8	8,7
3	21,1	11,7	15,1	11,2	13,2	10,0
4	18,9	8,0	18,9	14,4	11,4	8,9
5	18,6	8,9	17,3	13,5	11,2	8,4
6	16,7	7,8	20,2	14,0	10,0	7,9
7	19,5	10,6	18,7	11,2	10,5	8,7
8	17,8	12,1	17,1	10,7	11,9	2,2
9	21,6	13,0	18,0	9,4	8,7	0,2
10	21,0	11,2	18,2	8,9	9,4	4,3
11	21,7	11,1	21,2	10,8	12,0	4,9
12	17,5	8,0	19,3	10,0	7,2	1,6
13	18,7	6,4	20,1	13,2	7,4	2,4
14	20,0	6,2	16,9	12,8	9,6	7,0
15	21,2	10,0	24,0	11,5	9,0	4,8
16	23,8	13,6	24,5	9,8	7,6	5,6
17	24,0	13,2	16,7	4,6	6,9	5,0
18	21,2	11,8	13,4	8,2	8,2	2,6
19	23,1	10,3	14,5	5,0	6,3	3,9
20	21,8	10,2	13,6	9,2	4,8	— 1,9
21	21,5	9,0	13,2	5,8	2,1	— 1,2
22	20,8	9,9	11,4	8,7	2,7	— 5,8
23	19,0	6,8	13,4	9,1	1,2	— 4,2
24	18,7	11,5	14,2	6,4	0,5	— 3,9
25	24,8	15,2	11,5	0,5	1,9	— 2,7
26	19,7	11,0	11,2	0,6	— 0,4	— 2,0
27	23,4	13,5	11,0	2,5	+ 1,8	— 1,2
28	26,3	15,2	12,1	4,1	4,3	+ 1,3
29	24,0	14,9	13,4	2,0	3,8	1,0
30	22,5	13,7	11,5	4,6	6,3	3,2
31			11,9	6,4		
Moyennes.	21,04	11,06	16,17	8,25	7,32	2,87

Moyennes : des maxima et des minima de septembre . . . 16°5
Id. id. d'octobre 12,21
Id. id. de novembre. . . . 5,09

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	AVRIL.				MAI.			
	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR		9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.
1	9°1	10°2	9°2	10°2	11°0	10°7	11°0	10°7
2	9,2	10,2	9,3	10,2	11,0	10,7	11,1	10,7
3	9,3	10,2	9,3	10,2	11,1	10,8	11,2	10,8
4	9,4	10,2	9,5	10,2	11,2	10,8	11,3	10,8
5	9,5	10,2	9,5	10,2	11,3	10,9	11,3	10,9
6	9,5	10,2	9,6	10,2	11,4	10,9	11,4	10,9
7	9,6	10,2	9,6	10,2	11,5	10,9	11,5	10,9
8	9,7	10,2	9,7	10,2	11,6	10,9	11,7	10,9
9	9,7	10,2	9,8	10,2	11,7	10,9	11,8	10,9
10	9,8	10,2	9,9	10,2	11,8	10,9	11,9	10,9
11	9,9	10,2	10,0	10,2	11,9	10,9	12,0	10,9
12	10,0	10,2	10,1	10,2	12,0	10,9	12,0	10,9
13	10,2	10,2	10,2	10,2	12,1	10,9	12,1	10,9
14	10,3	10,2	10,3	10,2	12,1	10,9	12,2	10,9
15	10,3	10,2	10,4	10,2	12,2	10,9	12,3	10,9
16	10,4	10,3	10,4	10,3	12,3	10,9	12,3	10,9
17	10,4	10,3	10,4	10,3	12,3	10,9	12,4	10,9
18	10,4	10,3	10,4	10,4	12,4	10,9	12,4	10,9
19	10,5	10,4	10,5	10,4	12,5	10,9	12,5	10,9
20	10,5	10,5	10,5	10,5	12,5	10,9	12,5	10,9
21	10,5	10,5	10,6	10,5	12,5	11,0	12,6	11,0
22	10,6	10,5	10,6	10,5	12,6	11,0	12,6	11,0
23	10,6	10,5	10,6	10,5	12,6	11,0	12,6	11,0
24	10,6	10,5	10,6	10,5	12,6	11,0	12,6	11,0
25	10,6	10,6	10,7	10,6	12,6	11,0	12,7	11,0
26	10,7	10,6	10,7	10,6	12,7	11,0	12,7	11,0
27	10,7	10,6	10,8	10,6	12,7	11,0	12,7	11,0
28	10,8	10,6	10,8	10,6	12,7	11,0	12,7	11,0
29	10,9	10,6	10,9	10,6	12,8	11,0	12,8	11,0
30	10,9	10,6	10,9	10,6	12,8	11,0	12,8	11,0
31					12,8	11,0	12,8	11,0
Moyenn.	10,15	10,35	10,19	10,35	12,1	10,92	12,13	10,92
Corrigées	9,85	10,05	9,88	10,05	11,7	10,62	11,83	10,62

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	JUIN.				JUILLET.			
	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessus du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous du sol.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous du sol.
1	12°8	11°0	12°9	11°0	13°8	11°6	13°8	11°6
2	12,9	11,0	12,9	11,0	13,8	11,6	13,8	11,6
3	12,9	11,0	12,9	11,0	13,8	11,6	13,9	11,6
4	13,0	11,0	13,0	11,0	13,9	11,6	13,9	11,7
5	13,0	11,0	13,0	11,0	13,9	11,7	13,9	11,7
6	13,0	11,0	13,1	11,0	13,9	11,7	13,9	11,7
7	13,1	11,1	13,1	11,1	13,9	11,8	13,9	11,8
8	13,1	11,1	13,1	11,1	13,9	11,8	13,9	11,8
9	13,2	11,1	13,2	11,1	13,9	11,8	13,9	11,8
10	13,2	11,1	13,2	11,1	13,9	11,8	13,9	11,8
11	13,3	11,1	13,3	11,1	13,9	11,8	13,9	11,9
12	13,3	11,1	13,4	11,1	13,9	11,9	13,9	11,9
13	13,4	11,1	13,4	11,1	14,0	11,9	14,0	11,9
14	13,5	11,1	13,5	11,2	14,0	11,9	14,0	11,9
15	13,5	11,2	13,6	11,2	14,0	11,9	14,0	11,9
16	13,6	11,2	13,6	11,2	14,0	12,0	14,0	12,0
17	13,6	11,2	13,7	11,2	14,1	12,0	14,1	12,0
18	13,7	11,2	13,7	11,2	14,1	12,0	14,1	12,0
19	13,7	11,3	13,7	11,3	14,1	12,0	14,1	12,0
20	13,7	11,3	13,8	11,3	14,1	12,0	14,2	12,0
21	13,8	11,3	13,8	11,3	14,2	12,0	14,2	12,0
22	13,8	11,3	13,8	11,3	14,2	12,0	14,2	12,0
23	13,8	11,3	13,8	11,3	14,3	12,0	14,3	12,0
24	13,8	11,4	13,8	11,4	14,3	12,0	14,3	12,1
25	13,8	11,4	13,8	11,4	14,4	12,1	14,4	12,1
26	13,8	11,4	13,8	1 ,4	14,4	12,1	14,5	12,1
27	13,8	11,4	13,8	11,5	14,5	12,1	14,5	12,1
28	13,8	11,5	13,8	11,5	14,5	12,1	14,6	12,1
29	13,8	11,5	13,8	11,5	14,6	12,1	14,6	12,1
30	13,8	11,5	13,8	11,5	14,7	12,1	14,7	12,1
31					14,7	12,2	14,7	12,2
Moyenn.	13,44	11,20	13,47	11,20	14,10	11,91	14,20	11,92
Corrigées	13,14	10,90	13,17	10,90	13,80	11,61	13,90	11,62

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	AOUT.				SEPTEMBRE.			
	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.
1	14°8	12°2	14°8	12°2	15°9	13°0	15°9	13°0
2	14,8	12,2	14,9	12,2	15,9	13,0	15,9	13,0
3	14,9	12,3	14,9	12,3	15,9	13,0	15,9	13,0
4	15,0	12,3	15,0	12,3	16,0	13,0	16,0	13,0
5	15,0	12,3	15,1	12,3	16,0	13,0	16,0	13,1
6	15,1	12,3	15,2	12,4	16,0	13,1	16,0	13,1
7	15,2	12,4	45,2	12,4	16,0	13,1	16,0	13,1
8	15,3	12,4	15,3	12,4	16,0	13,1	16,0	13,1
9	15,4	12,4	15,4	12,4	16,0	13,1	16,0	13,1
10	15,4	12,4	15,5	12,4	16,0	13,1	16,0	13,1
11	15,5	12,4	15,5	12,4	16,0	13,2	16,0	13,2
12	15,5	12,5	15,6	12,5	16,0	13,2	16,0	13,2
13	15,6	12,5	15,6	12,5	16,0	13,2	16,0	13,2
14	15,7	12,5	15,7	12,5	16,0	13,2	16,0	13,2
15	15,7	12,5	15,7	12,5	16,0	13,2	16,0	13,2
16	15,7	12,6	15,8	12,6	16,0	13,2	16,0	13,3
17	15,8	12,6	15,8	12,6	15,9	13,3	15,9	13,3
18	15,8	12,6	15,8	12,6	15,9	13,3	15,9	13,3
19	15,8	12,6	15,8	12,7	15,9	13,3	15,9	13,3
20	15,8	12,7	15,8	12,7	15,9	13,4	15,9	13,4
21	15,8	12,7	15,8	12,7	15,9	13,4	15,8	13,4
22	15,8	12,8	15,8	12,8	15,8	13,4	15,8	13,4
23	15,8	12,8	15,8	12,8	15,8	13,4	15,8	13,5
24	15,8	12,8	15,8	12,9	15,8	13,5	15,8	13,5
25	15,9	12,9	15,9	12,9	15,8	13,5	15,8	13,5
26	15,9	12,9	15,9	12,9	15,8	13,5	15,8	13,5
27	15,9	12,9	15,9	12,0	15,8	13,5	15,8	13,5
28	15,9	13,0	15,9	12,0	15,8	13,5	15,8	13,5
29	15,9	13,0	15,9	12,0	15,8	13,5	15,8	13,5
30	15,9	13,0	15,9	12,0	15,8	13,5	15,8	43,5
31	15,9	13,0	15,9	12,0				
Moyenn.	15,56	12,66	15,57	12,61	15,91	13,26	15,91	13,26
Corrigées	15,26	12,33	15,27	12,31	15,61	12,96	15,61	12,96

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	OCTOBRE.				NOVEMBRE.			
	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.
1	15°8	13°5	15°8	13°5	14°7	13°8	14°7	13°8
2	15,7	13,5	15,7	13,5	14,6	13,8	14,6	13,8
3	15,7	13,5	15,7	13,5	14,5	13,8	14,4	13,8
4	15,7	13,5	15,7	13,5	14,4	13,8	14,3	13,8
5	15,7	13,5	15,7	13,5	14,2	13,9	14,2	13,9
6	15,7	13,6	15,7	13,6	14,1	13,9	14,1	13,9
7	15,7	13,6	15,7	13,6	14,1	13,9	14,0	13,9
8	15,7	13,6	15,6	13,6	14,0	13,9	13,9	13,9
9	15,6	13,6	15,6	13,6	13,9	13,9	13,0	13,9
10	15,6	13,6	15,6	13,6	13,9	13,9	13,8	13,9
11	15,6	13,6	15,6	13,6	13,8	13,9	13,8	13,9
12	15,6	13,6	15,6	13,7	13,7	13,9	13,7	13,9
13	15,6	13,7	15,6	13,7	13,6	13,9	13,6	13,9
14	15,5	13,7	15,5	13,7	13,6	13,9	13,5	13,9
15	15,5	13,7	15,5	13,7	13,5	13,9	13,5	13,9
16	15,5	13,7	15,5	13,7	13,5	13,9	13,4	13,9
17	15,5	13,7	15,5	13,7	13,4	13,9	13,4	13,9
18	15,5	13,7	15,5	13,7	13,3	13,8	13,3	13,8
19	15,5	13,8	15,5	13,8	13,2	13,8	13,2	13,8
20	15,5	13,8	15,4	13,8	13,2	13,8	13,1	13,8
21	15,4	13,8	15,4	13,8	13,1	13,8	13,0	13,8
22	15,4	13,8	15,3	13,8	13,0	13,8	13,0	13,8
23	15,3	13,8	15,3	13,8	12,9	13,8	12,9	13,8
24	15,3	13,8	15,3	13,8	12,8	13,8	12,8	13,8
25	15,2	13,8	15,2	13,8	12,8	13,8	12,7	13,8
26	15,1	13,8	15,1	13,8	12,7	13,8	12,6	13,8
27	15,0	13,8	15,0	13,8	12,6	13,8	12,6	13,8
28	15,0	13,8	14,9	13,8	12,5	13,7	12,5	13,7
29	14,9	13,8	14,9	13,8	12,4	13,7	12,3	13,7
30	14,8	13,8	14,8	13,8	»	12,2	12,2	13,6
31	14,7	13,8	14,7	13,8				
Moyenn.	15,42	13,68	15,40	13,68	13,48	13,51	13,07	13,51
Corrigées	15,12	13,38	15,10	13,38	13,18	13,21	12,77	13,21

TABLEAU DES PÉRIODES.

PÉRIODES.	PROFONDEUR de 1m,26	MOYENNE.	PROFONDEUR de 3m
Les vingt premiers jours de décembre.			
Première période.	0°01 0,01	0°01	0°02
Les dix derniers jours de décembre et les deux premières dizaines de janvier.			
Deuxième période	0,09 0,11 0,05	0,083	0,03
Troisième période	0,36 0,33	0,034	0,01
Quatrième période	0,01 0,02	0,015	0,015
Cinquième période	0,054 0,070 0,060 0,040 0,080 0,070	0,062	0,01
Sixième période	0,027 0,040 0,050	0,039	0,02
Septième période	0,010 0,010 0,020	0,013	0,028
Huitième période	0,054 0,060 0,030	0,048	0,01
Neuvième période	0,009 0,010	0,01	0,03
Dixième periode	0,10 0,10 0,20 0,10	0,012	0,01
Onzième période	0,072 0,080 0,070	0,075	0,02

TABLEAU A.

DATE.	DÉSIGNATION des DIZAINES.	PROFONDEUR au-dessous du sol. $1^m,26$ — VARIATION DE LA TEMPÉRAT. par dix jours.	DÉSIGNATION des DIZAINES.	PROFONDEUR au-dessous du sol. 3^m — VARIATION DE LA TEMPÉRAT. par dix jours.
Décembre 1861....	Première.	0°01 Décroissement.	Première.	0°02 Décroissement.
	Deuxième.	0,01 Id.	Deuxième.	0,02 Id.
	Troisième.	0,09 Id.	Troisième.	0,02 Id.
Janvier 1862......	Première.	0,11 Id.	Première.	0,03 Id.
	Deuxième.	0,05 Id.	Deuxième.	0,03 Id.
	Troisième.	0,036 Id.	Troisième.	0,036 Id.
Février (min.)	Première.	Les 4 premiers jours. 0,025 Décroissement. Les 6 derniers jours. 0,033 Accroissement.	Première.	0,030 Id.
	Deuxième.	0,000 Stationnaire.	Deuxième.	0,030 Id.
	Troisième.	0,000 Id.	Troisième.	0,010 Id.
Mars.............	Première.	0,01 Accroissement.	Première.	0,010 Id.
	Deuxième.	0,02 Id.	Deuxième.	0,010 (min.) Id.
	Troisième.	0,054 Id.	Troisième.	0,000 Stationnaire.
Avril	Première.	0,070 Id.	Première.	0,000 Id.
	Deuxième.	0,060 Id.	Deuxième.	Jusqu'au 15. 0,000 Id. Jusqu'au 20. 0,030 Accroissement.
	Troisième.	0,040 Id.	Troisième.	0,010 Id.
Mai..............	Première.	0,080 Id.	Première.	0,020 Id.
	Deuxième.	0,070 Id.	Deuxième.	0,000 Stationnaire.
	Troisième.	0,027 Id.	Troisième.	0,010 Id.
Juin.	Première.	0,040 Id.	Première.	0,010 Accroissement.
	Deuxième.	0,050 Id.	Deuxième.	0,020 Id.
	Troisième.	0,010 Id.	Troisième.	0,020 Id.
Juillet	Première.	0,010 Id.	Première.	0,020 Id.
	Deuxième.	0,020 Id.	Deuxième.	0,020 Id.
	Troisième.	0,054 Id.	Troisième.	0,018 Id.
Août.............	Première.	0,060 Id.	Première.	0,020 Id.
	Deuxième.	0,030 Id.	Deuxième.	0,030 Id.
	Troisième.	0,009 Id.	Troisième.	0,027 Id.
Septembre (max.)..	Première.	0,010 Id.	Première.	0,010 Id.
	Deuxième.	Pendant 6 jours. 0,000 Stationnaire. Pendant 4 jours. 0,010 Stationnaire.	Deuxième.	0,030 Id.
	Troisième.	0,010 Décroissement.	Troisième.	0,010 Id.
Octobre	Première.	0,020 Id.	Première.	0,010 Id.
	Deuxième.	0,010 Id.	Deuxième.	0,020 Id.
	Troisième.	0,072 Id.	Troisième.	0,00 Stationnaire.
Novembre	Première.	0,080 Id.	Première.	0,01 (max.) Id.
	Deuxième.	0,070 Id.	Deuxième.	Les 7 premiers jours. 0,00 Stationnaire. Les 3 derniers jours. 0,01 Décroissement.
	Troisième.	» »	Troisième.	» »

SEPTIÈME MÉMOIRE

SUR LA

TEMPÉRATURE DE L'AIR

ET SES

VARIATIONS SUIVANT L'ÉTAT DU SOL

Parmi les éléments météorologiques qui sont pris en considération dans la classification des climats, on distingue particulièrement la chaleur, dont l'action varie selon la latitude et la nature de la surface terrestre qui réagit sur la température de l'air par voie de rayonnement. Ce rayonnement est très-différent selon que cette surface est en eau ou en terre; dans le premier cas, le climat est uniforme, dans le second, il est extrême. Il en résulte que deux pays

situés sous la même latitude ont des climats opposés, selon qu'ils sont près de la mer ou dans l'intérieur des continents; de là la distinction qui a été faite des climats, en climats marins et climats continentaux. On verra, dans le cours de ce Mémoire, que deux localités peu éloignées l'une de l'autre présentent quelquefois les mêmes différences quand le rayonnement terrestre n'est pas le même.

Les exemples suivants montreront avec la dernière évidence les effets résultant du rayonnement terrestre sur les climats :

Dans le N. E. de l'Irlande, sur les côtes de Glenarn, latitude 54°, 56′, situées sous la parallèle de Koningsberg, en Prusse, le myrte végète avec la même force qu'en Portugal; à peine s'il y gèle en hiver; mais la température de l'été n'est pas suffisante pour faire arriver à maturité le raisin; plus au Sud, sur les côtes du Devonshire, le myrte et le camélia japonica passent l'hiver sans abri, en pleine terre; on y a même vu des orangers en espalier, à peine abrités, rapporter des fruits comestibles. Rien de semblable n'a lieu, sous la même latitude, dans l'intérieur des continents, où les hivers sont plus froids et les étés plus chauds, en raison du rayonnement terrestre qui échauffe l'air en été et le refroidit en hiver plus que ne le fait la mer, qui a une chaleur spécifique quatre fois plus considérable en moyenne que la terre.

Pendant longtemps on a étudié l'état calorifique d'un pays en observant la température de l'air à une distance plus ou moins rapprochée du sol, en moyenne $1^m,33$, mais toujours à proximité d'un bâtiment, de sorte que cette température, indépendamment des causes nombreuses perturbatrices qui

l'affectent, était influencée par le bâtiment et le sol. En faisant abstraction de ces causes, il est bien difficile d'avoir des données exactes sur le véritable état calorifique d'une contrée, puisque les températures observées dépendent plus ou moins de la nature et de l'état du sol et des bâtiments voisins des points où sont établis les instruments thermométriques.

En plaçant les instruments à 20 ou 30 mètres au-dessus du sol, et même souvent au delà, on se met bien à l'abri de l'influence terrestre; mais les températures observées intéressent plutôt la physique terrestre que la climatologie, comme je l'ai déjà dit dans mon précédent Mémoire.

Je reviens à la détermination de la température climatérique, à la température qui résulte de la latitude et de l'influence terrestre, influence qui a déjà été prise en considération par M. Boussingault, dans le Nouveau Monde, quand il a cherché quelle était l'influence des sols boisés et dénudés sur la température moyenne de l'air sous les tropiques, à latitude égale et à une hauteur où l'on trouve tous les climats propres aux latitudes moyennes; il a montré que le déboisement avait pour résultat d'élever la température moyenne.

L'état calorifique du sol exerce, ici, une grande influence; mais ce n'est que depuis quelques années que l'on observe, avec soin et d'une manière suivie, la température de l'air depuis 1 mètre ou 2 au-dessus du sol, jusqu'à la couche d'air en contact avec ce dernier; ainsi qu'au-dessous jusqu'à la profondeur où se trouvent les racines des plantes et des arbres et même au delà. En négligeant, comme on le fait ordinairement, de prendre en considération la nature du sol et celle des corps qui le recouvrent, ainsi que leurs

propriétés physiques, on fait abstraction des causes qui produisent souvent des résultats inverses quand on observe la température à quelques mètres au-dessous du sol, dans deux lieux peu éloignés l'un de l'autre. Je rappellerai à cette occasion les observations de Schubler, que l'on devrait toujours consulter quand on cherche l'influence du sol sur la température de l'air à peu de distance.

Il a reconnu que l'humidité, indépendamment de la couleur et d'autres causes, exerce une grande influence sur l'échauffement du sol, comme on peut le voir par les résultats suivants :

DÉSIGNATION DES TERRES qui COMPOSENT LE SOL.	TEMPÉRATURE MAXIMUM DE LA COUCHE SUPERIEURE, la température moyenne de l'air ambiant étant 25°.	
	TERRE HUMIDE.	TERRE SÈCHE.
Sable siliceux gris jaunâtre	37°25	44°75
Sable calcaire blanchâtre	37,38	44,50
Argile grasse	37,23	44,50
Terre calcaire blanchâtre	35,63	43,00
Humus gris noir, terre arable	39,75	47,37
Du pera gris	36,50	43,75
Terre de jardin gris-noir	37,50	45,25

On ne peut donc comparer réellement la température de l'air à la surface du sol, à celle de l'air à une certaine hauteur, sans prendre en considération le degré d'humidité de la terre,

puisque les différences peuvent aller jusqu'à 7 ou 8° en faveur de la terre sèche; il faut joindre encore à cette cause les pouvoirs émissifs absorbants et la conductibilité des parties constituantes du sol. Ainsi les sables siliceux et calcaires, comparés à volumes égaux aux autres substances, possèdent la plus grande faculté de retenir la chaleur, ce qui explique pourquoi les terrains sablonneux, en été, même pendant la nuit, conservent une température élevée, tandis que l'humus occupe le dernier rang; ce qui explique aussi pourquoi on préfère les terrains caillouteux pour la culture de la vigne à tout autre. On voit par là que, lorsqu'on observe la température des couches superficielles du sol ou des couches aériennes au-dessus, dans deux localités différentes, sous la même latitude, il faut avoir égard à la nature du sol, suivant qu'il est de telle ou telle nature, sec ou humide.

Il résulte encore de ce qui précède que, lorsque les instruments thermométriques sont placés à la proximité d'un bâtiment, il est nécessaire, si l'on veut avoir des déterminations exactes de la température de l'air, de tenir compte de la température des murs de ce bâtiment, qui rayonnent de la chaleur jusqu'à une profondeur de plusieurs centimètres, en même temps qu'on observe la température de l'air hors de cette influence; on détermine ensuite par le calcul l'influence de ce rayonnement sur les instruments et par suite le coefficient, par lequel il faut multiplier la température observée près du mur pour avoir la température réelle.

Je reviens maintenant à la détermination de la température de l'air et de celle des couches supérieures du sol.

Dans mon dernier Mémoire, j'ai établi, je crois, d'une

manière assez positive, que sur chaque point du globe il y avait deux températures moyennes : l'une, dépendant seulement de la latitude, l'autre, dite climatérique, qui en dépend également, et en outre de l'influence terrestre, celle-ci, comme on l'a déjà vu, variant d'un lieu à un autre, quoique dans la même position géographique, suivant la nature du sol et les corps qui le recouvrent. On se met à l'abri de cette influence, comme on l'a vu, en plaçant les instruments thermométriques à une certaine hauteur au-dessus du sol, variable d'une station à une autre.

Je rappellerai, à ce sujet, les observations faites antérieurement aux miennes et qui viennent les appuyer; je commencerai par celles de M. Plantamour, faites à Genève en 1847 (*Archives des sciences physiques et naturelles,* t. VIII, p. 27) à 50 pieds au-dessus du sol et à 4 pieds (mesures anciennes); le thermomètre, dans la station supérieure, était préservé de l'action du soleil et du rayonnement, de même que le thermomètre inférieur.

Voici le résultat de ces observations. Les nombres sont les différences moyennes entre les températures à 50 pieds et à 4 pieds.

DIFFÉRENCES MOYENNES ENTRE LES TEMPÉRATURES
A 50 PIEDS ET A 4 PIEDS (MESURES ANCIENNES).

DATE.		9 HEURES du MATIN.	MIDI.	3 HEURES. du SOIR.	6 HEURES du SOIR.	8 HEURES du SOIR.	9 HEURES du SOIR.
Juillet.	Jours clairs.	+ 0°3	— 0°5	+ 0,2	0°6	0°8	0°8
	Jours couverts.	+ 0,6	+ 0,1	+ 0,3	0,4	0,3	0,4
	Moyennes de tous les jours.	+ 0,34	— 0,25	+ 0,16	0,36	0,56	0,65
Août.	Jours clairs.	+ 0,3	— 0,2	0,20	0,8	0,90	0,9
	Jours couverts.	+ 0,3	— 0,1	0,20	0,3	0,60	0,3
	Moyennes de tous les jours.	+ 0,38	— 0,17	0,17	0,42	0,46	0,47
Septembre.	Jours clairs.	+ 0,8	— 0,2	0,00	0,7	0,90	0,90
	Jours couverts.	+ 0,1	— 0,1	0,00	0,2	0,30	0,3
	Moyennes de tous les jours.	+ 0,31	— 0,15	0,00	0,30	0,57	0,54
Octobre.	Jours clairs.	+ 1,1	+ 0,1	+ 0,10	0,6	0,9	0,7
	Jours couverts.	+ 0,0	— 0,1	0,00	0,3	0,4	0,2
	Moyennes du mois.	0,37	— 0,04	+ 0,03	0,37	0,56	0,45
Novembre.	Jours clairs.	1,5	— 0,1	— 0,1	0,8	1,2	1,3
	Jours couverts.	0,0	0,0	0,0	9,2	0,1	0,1
	Moyennes du 1 au 17.	0,21	— 0,03	— 0,05	0,35	0,38	0,42

Ces observations indiquent qu'en été, lorsque le temps est clair, la température est notablement plus élevée le soir à 50 pieds de hauteur qu'à 6 pieds; la différence est moindre si le temps est couvert. En prenant la moyenne diurne, abstraction faite de l'état du ciel, on trouve que le soir, en été et en automne, la température est plus élevée environ de 0°,5 à 50 pieds qu'à 4 pieds; à midi, la différence est en sens contraire; elle est moins considérable d'un quart de degré pour le mois de juillet et plus faible encore pour les autres mois.

Les observations qui précèdent tendent à confirmer que l'influence du sol se fait sentir jusqu'à une certaine hauteur sur la température de l'air; à midi, les différences seraient en sens inverse, c'est-à-dire que l'air à la station inférieure serait plus chaud qu'à la station supérieure, influence, je le répète, qui dépend de la nature du sol, de son état physique et des corps qui le recouvrent, éléments éminemment variables d'un lieu à un autre sous la même latitude.

Les observations recueillies à Bruxelles par M. Quetelet et qui se trouvent consignées dans son ouvrage sur le climat de la Belgique confirment les mêmes conséquences.

Les thermomètres, pendant une période de dix années, de 1833 à 1842, ont été placés au nord et à l'ombre à $3^m,30$ au-dessus du sol et à $0^m,15$ de la fenêtre d'un bâtiment dans lequel on ne faisait jamais de feu, et mis à l'arbri, autant que possible, de la réverbération des murs. M. Quetelet a trouvé, pour la température moyenne de l'air à Bruxelles, 10°,36; des thermomètres ayant été placés au nord, à la surface du

sol, le réservoir non recouvert, et à $3^m,3$ au-dessus il a obtenu les résultats suivants :

DATE.	NORD DU BATIMENT.		SUD DU BATIMENT, position non abritée.		
	A LA SURFACE du sol, non couvert.	A $3^m,30$ du sol.	SURFACE DU SOL au-dessous (1).	SURFACE DU SOL au-dessus (2).	HAUTEUR au-dessus du sol. $0^m,77$.
Janvier. . .	— 0°12	— 0°48	— 0°11	0°07	— 0,70
Février. . .	1,50	1,90	1,85	1,91	2,24
Mars. . . .	3,72	5,28	4,96	5,56	6,17
Avril. . . .	6,12	8,70	9,42	10,23	10,27
Mai. . . .	11,36	14,80	14,89	15,85	14,81
Juin. . . .	14,60	17,84	17,83	18,67	18,01
Juillet. . .	15,00	17,88	17,43	17,98	18,32
Août. . . .	15,14	18,30	17,20	17,81	19,49
Septembre.	13,44	15,32	14,81	14,94	15,96
Octobre . .	8,90	9,52	9,99	10,01	10,28
Novembre .	6,34	5,96	5,74	5,64	5,82
Décembre. .	2,66	2,54	2,66	2,37	2,02
Moyennes.	8,11	9,78	9,72	10,08	10,30

(1) Le réservoir du thermomètre recouvert.
(2) Le réservoir non recouvert, touchant le sol, à l'air libre.

Les résultats des deux premières colonnes indiquent que la moyenne de l'air à $3^m,30$ au nord est plus élevée de $1^o,64$ que celle à la surface du sol; qu'au sud, la température est également plus élevée à $0^m,77$ au-dessus du sol qu'à la surface et qu'au-dessous, la boule du thermomètre étant seu-

lement recouverte de terre. On voit encore que la moyenne au-dessus est plus élevée que celle au-dessous de 0°,36.

Ces différences de température de l'air, suivant les hauteurs, ont été mises en évidence dans mon dernier Mémoire, ainsi que par M. Plantamour, comme on vient de le voir dans le tableau de la page 671.

M. Martins a donné de son côté les minima et maxima moyens de 1859 à la Faculté des sciences et au Jardin des plantes de Montpellier, à une altitude de 59^m,5 et 29^m,5. Il résulte de la discussion des résultats qu'il a obtenus que dans une même ville une différence de niveau de 30 mètres apporte une différence de 3°,01 dans les maxima et une de — 0°,95 en faveur de la plus grande élévation; aussi le climat du Jardin des plantes est-il plus extrême que celui de l'observatoire de la Faculté des sciences; l'un est dans un fond, l'autre sur une colline. Nous ajouterons que, malgré la plus grande élévation des maxima à 29^m,5, la température moyenne annuelle au Jardin des plantes est plus basse de 1°,03 que la moyenne de l'observatoire de la Faculté, quoique ces deux stations ne soient éloignées l'une de l'autre que de 460 mètres. Les maxima et les minima jouent un grand rôle dans les cultures; ce sont eux qui les règlent; les moyennes mensuelles ainsi que les moyennes annuelles, comme l'observe très-bien M. Martins, n'ont qu'un intérêt scientifique, puisque + 10° est aussi bien la moyenne de — 10° + 30° que de 0° et 20°. Or non-seulement l'altitude absolue au-dessus du niveau de la mer, mais encore celle au-dessus de la contrée environnante, ou au-dessus du sol, altèrent sensiblement les minima de température.

Dans les observations de M. Quetelet, nous voyons que la

température au-dessous du sol, la boule du thermomètre étant seulement recouverte de terre, est plus basse que celle au-dessus; dans d'autres localités on trouve le contraire; cela tient, comme on va le voir, à la nature du sol, que l'on néglige assez ordinairement dans les observations thermométriques.

On ne peut tirer aucune conséquence de la différence qui existe entre la température au-dessus et au-dessous du sol, puisque, d'après les expériences intéressantes de Melloni, cette différence dépend du pouvoir absorbant et émissif des matières qui recouvrent le réservoir. Quelques exemples en donneront la preuve : deux thermomètres, dont la boule de l'un est dans l'air à nu et celle de l'autre est recouverte d'une des matières ci-après désignées, ont donné les résultats suivants :

SUBSTANCES.	TEMPÉRATURE DE LA SUBSTANCE.	TEMPÉRATURE DE L'AIR.
Noir de fumée.	17°,50	20°,40
Différents tubes à feuilles lisses.	17°,14	20°,23
Sable siliceux.	17°,45	20°,15
Terre végétale.	17°,02	19°,69

Ces exemples et d'autres semblables montrent que le thermomètre à l'air libre, à raison du grand pouvoir absorbant du verre, indique toujours une température plus élevée que le thermomètre dont le réservoir est couvert; on voit par là de quelles difficultés sont entourées les recherches relatives à la température de l'air comparée à celle du sol dans sa partie la plus superficielle.

M. Martins, pour connaître la différence existant entre les

températures de l'air au-dessus du sol et celles dans les couches superficielles au-dessous, a placé quatre thermomètres à minima pendant dix-huit nuits très-sereines de janvier et de février 1862 dans les positions ci-après indiquées, et il a obtenu les résultats suivants :

Thermomètre dans la tranche superficielle du sol.	5°,15
Thermomètre couché à la surface du sol.	6°,05
Thermomètre à 0m,05 au-dessus du sol..	6°,01

On voit là que la tranche la plus superficielle du sol est plus chaude que l'air avec lequel elle se trouve en contact. Il n'est pas fait mention toutefois de la nature du sol.

M. Martins, ayant voulu savoir jusqu'à quel point le pouvoir absorbant du verre agissait sur le rayonnement nocturne, a obtenu, pendant sept nuits parfaitement sereines du mois de mars 1862, les résultats suivants, en opérant avec des thermomètres dont les boules, placées à 5 cent. au-dessus du sol, étaient disposées comme il suit : les boules étaient :

Thermomètre nu..	4°,25
Thermomètre enduit de suie.	4°,25
Thermomètre enduit de terre	4°,34

Ces thermomètres donnent à peu près les mêmes résultats, quoique n'ayant pas les mêmes pouvoirs rayonnants, ce qui paraît contraire aux lois qui régissent les pouvoirs absorbants et émissifs, mais M. Martins a démontré qu'il n'en est plus ainsi quand on soumet ces mêmes thermomètres à l'in-

fluence solaire. En effet, la moyenne d'observations de dix jours lui a donné :

Thermomètre enduit de suie.	33°,38
Thermomètre enduit de terre.	30°,29
Thermomètre nu.	28°,49

M. Martins explique ces différences en remarquant que le refroidissement du thermomètre pendant la nuit ne dépend pas seulement du contact de l'air et du rayonnement céleste, mais de ce que l'instrument placé à quelques centimètres du sol est soumis à deux influences calorifiques inverses le rayonnement céleste qui le refroidit et le rayonnement terrestre qui l'échauffe. Or, comme le thermomètre qui rayonne le mieux est celui qui absorbe le plus, il en résulte quelquefois une compensation.

Cette explication me semble rationnelle.

Il paraît donc que pendant la nuit, dans les conditions où M. Martin a observé, la tranche superficielle du sol s'est moins refroidie que la couche d'air en contact avec elle.

L'émission de chaleur de cette couche superficielle tend à réchauffer les corps placés au-dessus jusqu'à une certaine hauteur.

On a vu précédemment qu'il fallait avoir égard aux influences locales, si l'on voulait comparer la température de l'air à deux stations peu éloignées; j'ajouterai que dans ce cas il faut tenir compte des moyennes estivales et hivernales. En effet, je vais en fournir la preuve dans la comparaison que j'ai faite des observations recueillies au Jardin des plantes et à l'Observatoire de Paris en 1861 et 1862.

Les observations thermométriques sont faites à l'Observatoire de Paris, au nord, à 7 mètres au-dessus du sol et à la proximité d'un grand bâtiment, et au Jardin des plantes à 1^{m}.33 et à la même exposition, dans une enceinte entourée de constructions à quelques centaines de mètres; j'ai comparé les températures moyennes et les températures maxima et minima de 1861 et de 1862 et celles de l'hiver de 1863 de ces deux localités, qui sont peu éloignées l'une de l'autre; températures obtenues, d'une part, avec le thermometre ordinaire, de l'autre, avec les thermomètres à maxima et à minima.

A l'Observatoire, les températures diurnes sont recueillies à neuf heures du matin, midi, neuf heures du soir et minuit.

Au Jardin des plantes, les observations sont faites à 1^{m},33 au nord ou au sud du sol, à neuf heures du matin, à trois et à neuf heures du soir, et l'on relève également les maxima et les minima diurnes au nord et au midi, déduites des observations diurnes et des maxima et des minima.

Les tableaux, pages 702 à 712, donnent les moyennes mensuelles des observations faites à l'Observatoire en 1861, 1862, et l'hiver de 1863; les minima sont observés à neuf heures du matin, et les maxima à trois heures du soir; on a donc ainsi le minimum et le maximum du jour.

Les tableaux, pages 690 à 701, contiennent les observations diurnes et moyennes, ainsi que les maxima et les minima relevés au Jardin des plantes en décembre 1862, janvier et février 1863, ainsi que les observations de température à 1^{m},26 et 3 mètres au-dessous du sol. On observe les maxima et les minima à neuf heures du matin; de sorte que l'on a le minimum du jour et le maximum de la veille.

Ces tableaux permettent de comparer ensemble les observations faites à l'Observatoire et au Jardin des plantes.

J'ai comparé d'abord ensemble les températures moyennes à chacune des stations de l'année composée des douze mois ordinaires, et de l'année météorologique allant du 1er décembre de l'année précédente au 1er décembre suivant. Cette supputation est réellement celle qui convient le mieux à l'étude du mouvement de la chaleur dans le cours de l'année.

De ces résultats on tire les conséquences suivantes :

1° La température moyenne de 1861 et de 1862 à l'Observatoire, obtenue avec les observations diurnes, ne diffère en plus que de 0°,1 de celle de l'air au Jardin des plantes pendant le même temps. Les mêmes températures déduites des maxima et minima diurnes n'ont donné qu'une différence insignifiante de 0°,03 ;

2° Si l'on considère les années météorologiques de 1861 et 1862, allant, pour 1861, du 1er décembre 1860 au 1er décembre 1861, et pour 1862, du 1er décembre 1861 au 1er décembre 1862, on trouve avec les moyennes des observations diurnes une différence de 0°,15, et avec celles obtenues avec les maxima et minima, une différence qui est également insignifiante, puisqu'elle n'est que de 0°05.

Or, comme en climatologie on ne doit considérer que le mouvement de la chaleur pendant l'année météorologique, on doit en conclure dès lors qu'à l'Observatoire, au nord, à 7 mètres au-dessus du sol, près d'un vaste bâtiment, la température moyenne de l'air a été sensiblement égale à celle qui a été observée au Jardin des plantes, également au nord, mais à 1^{m},33 au-dessus du sol et à proximité d'un très-petit pavillon.

Mais, si les moyennes sont égales, il n'en est pas de même

des températures moyennes des saisons et des températures diurnes, l'hiver de chaque année se composant du mois de décembre de l'année précédente et des mois de janvier et février suivants, ainsi de suite pour les autres saisons. Le relevé des observations des tableaux, pages 713 à 714, donne les résultats suivants pour 1861 et 1862 :

		OBSERVATOIRE.	JARDIN DES PLANTES.
Moyennes de 1861 et 1862, déduites des observations diurnes.	Hiver.....	3°,48	2°,86
	Printemps.	11°,32	11°,17
	Été.......	17°,64	18°,14
	Automne..	11°,26	10°,84
Moyennes de 1861 et 1862, déduites des maxima et minima moyens.	Hiver.....	3°,13	2°,75
	Printemps.	11°,34	11°,23
	Été.......	17°,69	18°,38
	Automne..	11°,63	11°,32

On voit, d'après ces moyennes, que, soit que l'on considère les moyennes des saisons obtenues avec les observations diurnes, soit celles qui proviennent des maxima et minima diurnes, à l'Observatoire, les hivers sont un peu moins rudes et les étés un peu moins chauds qu'au Jardin des plantes, d'environ un demi-degré ; ainsi le climat du Jardin des plantes, à $1^m,33$ au nord, comparé à celui de l'Observatoire, près de l'édifice, à 7 mètres, à la même exposition, est un peu plus extrême, et a, par conséquent, le caractère d'un climat continental, relativement à ce dernier.

Mais, si les moyennes de l'hiver et de l'été ne diffèrent que d'environ un demi-degré, les températures diurnes, en hiver et en été, diffèrent quelquefois de plusieurs degrés.

Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur le

tableau des observations diurnes des maxima et des minima aux deux stations à l'Observatoire et au Jardin des plantes; nous citerons quelques exemples parmi les maxima et minima des mois de janvier et de juillet 1862, en faisant remarquer toutefois qu'à l'Observatoire les observations sont recueillies à 9 heures du matin pour les minima et à 3 heures du soir pour les maxima, tandis qu'au Jardin des plantes on en fait la lecture à 9 heures du matin; on a donc dans la première station les minima et les maxima du jour et dans la seconde les minima du jour et les maxima de la veille. Dans les tableaux ci-dessous on a rapporté les observations au même jour, afin de mieux mettre en évidence les différences.

JANVIER 1862.

DATE.	A L'OBSERVATOIRE.		AU JARDIN DES PLANTES.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
2	— 0°5	— 0°8	— 1°4	— 3°6
3	+ 2,6	— 3,5	+ 2,1	— 5,1
18	— 3,4	— 8,0	— 4,3	— 8,9
24	+ 6,0	+ 5,4	+ 5,0	+ 2,0
28	+ 5,0	— 1,5	+ 4,8	— 2,8
Moyennes.	+ 1,94	— 1,68	+ 1,24	— 3,68

On voit que pendant les journées des 2, 3, 18, 24 et 28 de janvier 1862, les maxima et les minima ne se corres-

pondent pas. Les moyennes de ces six journées déduites des maxima et minima ont été pour l'Observatoire + 0°,13, et pour le Jardin des plantes — 1°,22.

JUILLET 1862.

DATE.	A L'OBSERVATOIRE.		AU JARDIN DES PLANTES.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
6	27°8	46°6	30°8	16°0
13	18,7	15,1	18,7	11,9
20	25,0	16,4	26,7	16,2
22	21,0	10,6	23,1	9,7
27	30,6	18,0	33,6	18,7
31	17,1	10,4	17,1	0,6
Moyennes.	23,36	14,52	25,0	13,66

On voit encore ici que dans les six journées de juillet l'accord n'existe pas, surtout à l'égard des maxima, qui ont été plus élevés au Jardin des plantes qu'à l'Observatoire ; quant au minima, les différences sont moins grandes, à l'exception de la journée du 13. Pendant ces six journées, la moyenne déduite du maxima et minima donne pour l'Observatoire 18°,96, pour le Jardin des plantes 19°,33, valeurs qui ne diffèrent que de 0°,39, ce qui confirme la conséquence que j'ai tirée de la différence entre les climats des deux stations, à savoir que les étés sont un peu plus chauds et les hivers un peu plus froids dans l'une que dans l'autre.

Il n'est pas inutile d'entrer ici dans quelques détails sur

le tracé des lignes isothermes, isothères et isochimènes pour montrer l'influence des terres et des mers sur la température.

On étudie les climats, sous le rapport de la température, à l'aide des lignes isothermes, isothères et isochimènes, composées les premières, des points du globe qui ont la même température moyenne dite du lieu; les secondes, des points qui ont la même température de l'été; les troisièmes, celles de l'hiver; il faut avoir égard à l'ensemble de ces trois lignes, si l'on veut bien préciser l'état calorifique d'un pays, car l'une d'elles ne pourrait suffire pour savoir si telle ou telle culture est possible. On ne saurait donc mettre trop de soins à déterminer les températures moyennes, diurnes, mensuelles et annuelles de l'air qui servent à les former.

On est dans l'usage d'observer à cet effet la température de l'air à 1^{m},33 au-dessus du sol, au nord, en se bornant à donner un mouvement de fronde au thermomètre, avant la lecture, afin de le mettre en équilibre de température avec la couche d'air adjacente; mais on n'est pas à l'abri pour cela de l'influence du rayonnement terrestre, dont l'action se fait sentir sur la température de l'air, jusqu'à une hauteur variable d'un lieu à un autre, mais qui n'est pas inférieure à 25 à 30 mètres. Si donc l'on veut avoir la température moyenne réelle de l'air, corrigée de l'influence terrestre et dépendante seulement de la latitude, il faut placer le thermomètre à cette hauteur. Cette température théorique, si je puis m'exprimer ainsi, n'est d'aucun secours pour la classification des climats, puisqu'elle est indépendante du rayonnement, qui exerce une si grande influence sur ces derniers.

Les lignes isothermes formées avec les températures à l'abri de l'influence terrestre auraient une uniformité aussi grande

que celles qui sont tracées sur les mers, et présenteraient probablement peu de différences avec les parallèles terrestres, car elles varieraient seulement avec la hauteur du soleil. La seule différence proviendrait des vents propres à une contrée, qui, en mélangeant les couches aériennes qui n'auraient pas la même température, s'opposeraient à ce que celle de l'air eût une valeur mathématique. Ces lignes ne présenteraient pas, toutefois, ces grandes irrégularités qu'affectent les isothermes au-dessus des continents. Il suffit, effectivement, de jeter les yeux sur les cartes des lignes isothermes, tracées depuis l'équateur jusque dans les régions polaires, pour avoir une idée de l'influence qu'exerce le rayonnement terrestre sur la température de l'air.

Ces lignes ont été tracées de 5° en 5° en commençant par la zone torride, dont la température moyenne varie de 28 à 25°; viennent ensuite les zones terrestres de 25° à 20°, de 20° à 15°, ainsi de suite jusqu'à la zone comprenant les régions polaires, venant après celles comprises entre — 10° et — 15°.

Les températures moyennes qui ont servi à tracer ces lignes n'ont pas été malheureusement observées dans les mêmes conditions de rayonnement terrestre, ce qui peut apporter d'assez grandes différences dans leur véritable valeur, en ce qui concerne particulièrement les moyennes estivales et hivernales. Il faudrait, comme je l'ai dit précédemment, observer la température sur différents points d'une contrée peu éloignés les uns des autres, n'ayant pas un sol de même nature, et, par conséquent, le même pouvoir absorbant, émissif et rayonnant, puis prendre la moyenne de la température de l'air à tous ces points, laquelle représenterait sensiblement la moyenne de la contrée.

Adoptons les anciennes déterminations et donnons une idée du tracé des lignes isothermes sur le globe.

L'isotherme de 25° dans notre hémisphère, à partir de la côte occidentale de l'Amérique, un peu au nord d'Acapulco, se relève vers le nord jusqu'au 50e degré de longitude dans la mer, puis s'abaisse ensuite toujours dans la mer, jusqu'à la côte d'Afrique, en raison de l'influence de la terre; puis se relève brusquement vers le nord jusqu'au milieu de ce continent où elle commence à s'abaisser jusqu'au 10e degré de longitude, où elle traverse la mer Rouge.

Après avoir atteint son point le plus septentrional, vers 28°,15 de latitude, elle descend vers le sud, où sa marche dans le grand Océan est assez uniforme. Elle tourne sa convexité vers le sud; elle se relève ensuite en traversant l'Océan Atlantique en présentant alors la concavité.

L'isotherme de 20° a sensiblement la même allure que la précédente, si ce n'est que dans le grand Océan, elle présente une légère convexité vers le nord, puis elle reprend le parallélisme avec de légères sinuosités dans l'Océan Atlantique.

L'isotherme de 15° suit également l'allure de la précédente, mais les écarts du parallélisme sont beaucoup plus considérables avant d'avoir atteint la côte ouest de l'Espagne et celle du Portugal.

Elle s'élève vers le nord, redescend brusquement, et atteint son maximum de courbure en traversant les Pyrénées, en tournant sa convexité vers le sud; sa marche est assez uniforme en Asie et parallèle à la précédente isotherme, mais elle se relève davantage vers le nord en traversant le grand Océan, et reprend sensiblement son parallélisme en traversant l'Amérique septentrionale, puis se relève de nouveau

plus vers le nord que l'isotherme de 20°, dans l'Océan Atlantique.

L'isotherme de 10° a la même direction générale que celle de 15°, si ce n'est qu'elle éprouve de grandes fluctuations en traversant les Iles-Britanniques; elle remonte aussi davantage vers le nord dans les deux Océans, c'est-à-dire que sa convexité devient plus grande dans les deux mers.

L'isotherme de 5° éprouve de grandes fluctuations en approchant de l'Europe et s'abaisse rapidement vers l'Europe; après avoir traversé les Alpes scandinaves, elle ne se relève qu'en traversant le grand Océan, où elle remonte vers le nord, en lui présentant une plus grande convexité que l'isotherme de 10°; elle redescend ensuite vers le sud, en pénétrant en Amérique, pour remonter ensuite plus fortement vers le nord en traversant l'Océan Atlantique.

L'isotherme de 0° éprouve encore de plus grandes fluctuations en approchant de l'Europe, et présente une convexité plus grande en Asie; son allure redevient ensuite parallèle à celle de la précédente.

L'isotherme de — 5° a une allure peu différente de celle de 0°. Je ne dis rien des isothermes de — 10° et de — 15°, qui sont inutiles à mon sujet, du moins dans la partie du globe que j'ai embrassée.

Quant aux lignes isothermes situées au sud de l'équateur et dont Berghauss a donné le tracé comme celui des lignes situées dans notre hémisphère, elles n'inspirent pas autant de confiance que les précédentes, attendu que leur construction ne repose pas sur un aussi grand nombre d'observations faites dans des circonstances aussi favorables; mais, comme il y a moins de terre que dans l'hémisphère nord, les

causes locales exercent nécessairement moins d'influence sur les températures moyennes; aussi les lignes obtenues diffèrent-elles moins des parallèles terrestres.

Le tracé de toutes ces lignes, quand on embrasse leur ensemble, conduit aux conséquences suivantes.

Ces lignes sont loin d'être pareilles aux parallèles terrestres principalement dans notre hémisphère. Elles s'abaissent, en général, en traversant les continents et se relèvent dans les grandes mers; ce qui indique que les climats deviennent plus rigoureux, en s'avançant dans des terres et plus doux à latitude égale sur les côtes et en mer. Voilà ce qui a lieu sous les latitudes où se trouvent l'Europe, l'Asie et l'Amérique septentrionale.

Le voisinage des terres fait redescendre les lignes isothermes, mais des effets inverses sont produits entre les isothermes de 28° à 20°; ces lignes se relèvent vers le nord, en traversant l'Afrique, où les grands plateaux sableux du Sahara, en s'échauffant sous le rayonnement tropical du soleil, élèvent la température de l'air, ce qui rend le climat plus brûlant qu'en mer à latitude égale.

On voit donc que, si chacune des lignes isothermes n'est pas le lieu des mêmes températures moyennes déterminées dans les mêmes conditions de rayonnement terrestre, elles ont néanmoins des allures qui mettent en évidence l'influence du rayonnement terrestre sur les climats. Si l'on déterminait les températures moyennes comme je l'ai indiqué, il y aurait des points de rebroussement sans nombre, en raison de la diversité du climat que l'on trouve dans deux lieux voisins; ces points de rebroussement ne porteraient pas atteinte toutefois à l'allure générale des lignes isothermes.

Aussi a-t-on eu raison de les prendre comme lignes de repère pour la classification des climats. Sous les tropiques, où la hauteur du soleil est toujours considérable dans le cours de l'année, la latitude a beaucoup moins d'influence que dans les régions tempérées pour modifier la température moyenne; aussi les lignes isolées présentent-elles moins d'irrégularités que sous les hautes latitudes.

Il faut dire aussi que la température moyenne de l'année différant peu de celle de chaque jour, les causes locales et les vents variables exercent peu d'influence pour la modifier.

Au-delà des tropiques, le soleil agit d'autant moins que ses rayons tombent plus obliquement sur la terre; il en résulte que la température moyenne pour une même élévation au-dessus du niveau de la mer, toutes choses égales d'ailleurs, doit décroître de l'équateur aux pôles. Ce décroissement suit une loi très-complexe en raison des causes nombreuses qui la modifient sous les différentes latitudes.

On comprend facilement les effets de végétation que j'ai mentionnés, page 666, en jetant les yeux sur la carte des lignes isothermes isochimènes. En allant des côtes occidentales vers les côtes orientales, les lignes isochimènes s'abaissent vers le sud, tandis que les lignes isothères se relèvent vers le nord. Je citerai Paris et Moscou, situés sous les latitudes de 48°,56 et 55°,65 de latitude, qui ne présentent qu'une différence de 6°,4 dans leur température maximum, tandis que cette différence est de — 15°,7 pour la température minimum ou hivernale.

Dans les Iles-Britanniques, leur climat spécial tient à ce que la température moyenne des lieux dont j'ai parlé est supérieure à zéro, même dans les îles Shetland et Féroë

(lat. 62°); Londres, Lancastre, quoique sous des latitudes moins élevées, n'ont pas un climat aussi favorisé.

Les détails dans lesquels je viens d'entrer montrent qu'à part l'action des vents, le climat d'une localité dépend non-seulement de la latitude du lieu, mais encore de l'influence de la surface terrestre, selon que cette surface est en eau ou en terre; dans le premier cas, le climat est doux, dans le deuxième il est extrême. D'après cela, il est hors de doute que la température moyenne, rapportée au niveau de la mer, n'est que d'un intérêt secondaire pour l'étude des climats, quand on fait abstraction de la nature et de l'état physique du sol.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DÉCEMBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉÂTRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉÂTRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉÂTRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	7°2	7°6	Couvert.	12°9	13°8	Nuageux.	6°5	6°9	Clair.
2	6,4	6,7	Nuageux.	9,8	10,5	Couvert.	6,4	6,7	Id.
3	6,2	6,5	Id.	11,2	11,8	Nuageux.	7,5	7,8	Nuageux.
4	7,4	7,6	Pluie.	11,8	12,4	Couvert.	10,8	11,4	Clair.
5	9,2	9,4	Couvert.	10,6	11,2	Id.	9,0	9,2	Couvert.
6	7,8	9,3	Nuageux.	12,7	13,3	Nuageux.	10,7	10,9	Id.
7	12,1	12,6	Couvert.	13,9	14,8	Couvert.	12,8	13,5	Nuageux.
8	9,0	9,5	Nuageux.	9,2	9,7	Nuageux.	4,6	4,8	Clair.
9	6,5	6,9	Id.	7,6	8,2	Couvert.	5,9	6,1	Couvert.
10	7,8	8,2	Pluie.	12,3	13,5	Nuageux.	7,3	7,8	Clair.
11	7,6	8,0	Couvert.	9,5	9,8	Couvert.	7,2	7,4	Pluie.
12	5,8	6,2	Soleil.	8,2	9,0	Nuageux.	1,8	2,2	Clair.
13	1,5	1,9	Nuageux.	4,8	5,2	Couvert.	3,8	3,8	Nuageux.
14	5,4	5,6	Brouillard.	5,0	5,3	Brouillard.	3,7	3,8	Couvert.
15	0,6	0,8	Id.	5,7	6,4	Nuageux.	— 1,0	— 0,9	Clair.
16	— 1,8	— 1,7	Id.	— 0,6	— 0,6	Brouillard.	— 1,9	— 1,9	Brouillard.
17	0,0	+ 0,2	Id.	+ 1,2	+ 1,5	Id.	+ 3,1	+ 3,4	Pluie.
18	+ 5,2	5,8	Nuageux.	7,8	8,3	Couvert.	6,8	7,2	Couvert.
19	9,1	9,7	Couvert.	9,7	10,2	Pluie.	8,2	8,5	Id.
20	5,8	6,4	Id.	6,2	6,5	Id.	5,3	5,4	Id.
21	4,5	4,5	Id.	6,1	6,4	Couvert.	3,4	3,6	Clair.
22	4,0	4,2	Id.	5,2	5,8	Id.	3,7	4,0	Couvert.
23	3,7	3,9	Id.	5,8	6,2	Id.	4,9	5,3	Id.
24	6,5	6,8	Brouillard.	8,3	8,7	Brouillard.	7,0	7,2	Pluie.
25	8,4	8,7	Couvert.	9,2	9,6	Couvert.	8,1	8,4	Couvert.
26	8,2	8,5	Pluie fine.	10,8	11,9	Id.	9,2	9,5	Id.
27	9,7	10,2	Couvert.	10,5	11,6	Id.	8,5	9,1	Id.
28	8,5	9,2	Id.	7,6	7,8	Pluie.	6,8	7,0	Id.
29	5,6	5,8	Id.	7,8	8,2	Couvert.	7,4	7,6	Id.
30	6,0	6,4	Pluie.	6,2	6,7	Pluie.	5,2	5,4	Clair.
31	7,2	7,9	Couvert.	8,4	9,2	Nuageux.	2,3	2,5	Nuageux.
Moy.	6,17	6,55		8,25	8,80		5,7	6,22	
Corr.	5,8	6,25		7,92	8,50		5,4	5,92	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 5,78
au marronnier, id. id. . . . 6,08

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JANVIER 1863.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.		
	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	2°8	3°2	Soleil.	6°4	6°7	Couvert.	5°4	5°6	Nuageux.
2	5,0	5,2	Couvert.	3,8	4,1	Pluie.	4,0	4,2	Clair.
3	4,9	5,1	Id.	6,8	7,2	Nuageux.	5,7	5,9	Nuageux.
4	6,8	7,5	Id.	7,6	8,4	Couvert.	7,1	7,4	Pluie.
5	6,7	7,4	Nuageux.	10,9	11,7	Pluie.	8,9	9,2	Nuageux.
6	7,9	8,6	Couvert.	7,8	8,4	Couvert.	6,5	6,7	Pluie.
7	5,3	6,2	Id.	5,0	5,2	Id.	2,0	2,3	Clair.
8	3,0	3,2	Id.	4,7	5,0	Id.	2,8	3,1	Nuageux.
9	2,4	2,5	Brouillard.	5,8	6,4	Id.	1,6	1,8	Clair.
10	2,1	2,8	Pluie.	6,9	7,5	Id.	5,4	5,6	Pluie.
11	4,8	5,2	Couvert.	6,5	7,1	Id.	5,4	5,5	Couvert.
12	3,5	3,7	Brouillard.	7,8	8,9	Nuageux.	2,5	2,9	Clair.
13	4,0	4,1	Pluie.	6,7	7,1	Pluie.	4,9	5,2	Id.
14	3,2	3,4	Id.	5,4	5,9	Nuageux.	4,4	4,7	Id.
15	3,8	4,2	Nuageux.	4,8	5,0	Couvert.	3,9	4,1	Id.
16	2,1	2,2	Couvert.	2,9	3,1	Id.	0,7	0,8	Couvert.
17	0,6	0,8	Id.	1,5	1,8	Id.	1,4	1,5	Id.
18	0,9	1,0	Id.	3,7	4,2	Pluie.	2,3	2,4	Clair.
19	8,7	9,3	Id.	11,5	12,7	Nuageux.	9,4	10,2	Pluie.
20	10,4	10,8	Nuageux.	8,2	8,8	Id.	4,2	4,4	Couvert.
21	5,8	6,2	Id.	8,7	9,2	Pluie.	6,5	6,7	Id.
22	7,6	8,1	Couvert.	9,1	10,0	Couvert.	8,4	9,1	Id.
23	6,5	7,3	Soleil.	11,9	12,8	Id.	10,9	11,6	Pluie.
24	7,0	7,5	Couvert.	10,4	11,5	Id.	7,5	8,0	Clair.
25	6,2	6,8	Nuageux.	10,2	11,0	Nuageux.	6,4	6,7	Id.
26	1,8	2,0	Brouillard.	6,5	6,9	Couvert.	4,2	4,5	Id.
27	6,2	6,8	Couvert.	8,0	8,9	Pluie.	4,6	4,9	Id.
28	— 0,8	— 0,6	Brouillard.	7,8	8,6	Soleil.	0,8	1,2	Id.
29	+ 1,0	+ 1,3	Nuageux.	4,5	5,0	Couvert.	5,6	5,9	Couvert.
30	5,9	6,4	Id.	10,2	10,9	Nuageux.	9,2	9,8	Clair.
31	8,6	9,2	Pluie.	11,9	12,2	Couvert.	6,9	6,5	Id.
Moy.	4,68	5,0		7,74	7,81		5,11	5,64	
Corr.	4,38	4,7		7,44	7,51		4,81	5,13	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 4,59
au marronnier. id. id. . . . 4,91

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

FÉVRIER 1863.

DATE.	9 HEURES DU MATIN. MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	3 HEURES DU SOIR. MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.	9 HEURES DU SOIR. MAT de L'AMPHITHÉATRE	MAT du MARRONNIER.	ÉTAT du CIEL.
1	3°8	4°2	Nuageux.	7°9	8°4	Pluie.	5°9	6°1	Clair.
2	5,2	5,7	Id.	8,7	9,5	Couvert.	7,8	8,2	Couvert.
3	8,3	8,9	Couvert.	9,0	9,7	Pluie.	6,1	6,5	Pluie.
4	5,0	5,6	Soleil.	9,8	11,2	Nuageux.	6,4	6,7	Couvert.
5	9,2	9,7	Couvert.	11,4	12,1	Couvert.	7,6	8,1	Id.
6	8,8	9,2	Id.	10,2	10,9	Id.	8,4	8,7	Id.
7	7,8	8,3	Pluie.	9,6	10,2	Id.	8,1	8,5	Pluie.
8	7,6	8,1	Pluie fine.	8,9	9,5	Id.	6,0	6,3	Id.
9	4,1	4,8	Couvert.	8,5	9,4	Nuageux.	1,9	2,2	Clair.
10	1,9	2,4	Soleil.	8,7	9,8	Id.	4,7	5,1	Nuageux.
11	3,0	3,5	Id.	9,8	10,7	Soleil.	2,8	3,2	Clair.
12	2,3	2,7	Nuageux.	12,9	13,6	Id.	3,2	4,1	Brouillard.
13	6,5	7,2	Id.	10,7	12,0	Id.	4,1	4,5	Clair.
14	3,8	4,2	Soleil.	10,6	11,5	Id.	3,4	3,7	Id.
15	3,7	3,9	Id.	9,3	9,8	Id.	1,5	1,8	Id.
16	3,5	3,6	Id.	9,5	10,6	Id.	2,4	2,5	Id.
17	4,6	5,1	Nuageux.	11,0	12,2	Id.	3,7	4,3	Id.
18	2,9	3,5	Id.	11,4	12,5	Id.	1,9	2,2	Brouillard.
19	1,0	1,2	Brouillard.	9,5	10,6	Nuageux.	4,6	4,9	Clair.
20	5,2	5,8	Soleil.	12,2	13,9	Soleil.	3,8	4,7	Id.
21	— 1,9	— 1,7	Brouillard.	9,6	11,0	Nuageux.	1,5	2,6	Brouillard.
22	+ 2,2	+ 2,8	Soleil.	10,5	11,4	Couvert.	5,7	6,0	Pluie.
23	5,2	5,6	Brouillard.	9,8	10,9	Id.	7,2	7,6	Couvert.
24	7,8	8,4	Pluie.	9,2	10,1	Id.	5,0	5,4	Nuageux.
25	5,6	6,3	Soleil.	12,3	13,7	Soleil.	3,5	3,9	Clair.
26	— 2,0	— 1,8	Brouillard.	13,7	14,8	Id.	2,7	3,6	Id.
27	+ 3,2	+ 3,6	Soleil.	12,6	13,9	Id.	3,6	4,2	Id.
28	— 1,7	— 1,5	Brouillard.	13,7	15,0	Id.	3,9	4,8	Id.
Moy.	4,16	4,52		10,4	11,4		4,55	5,00	
Corr.	3,86	4,22		10,1	11,1		4,25	4,70	

Moyennes : à l'amphithéâtre à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . . 4,05

au marronnier, id. id. . . . 4,51

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

DÉCEMBRE 1862.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	5°7	6°4	10°5	12°2	5°7	6°4
2	5,1	6,2	9,2	9,8	5,4	6,0
3	4,2	4,8	9,3	10,4	6,8	7,1
4	7,1	7,3	10,0	10,7	8,7	8,9
5	8,5	8,9	9,7	10,2	8,6	8,8
6	7,4	8,2	10,9	12,4	10,0	10,4
7	11,5	11,9	13,6	14,5	12,4	12,9
8	8,6	9,2	8,3	9,0	4,3	4,5
9	5,8	6,7	7,5	8,2	5,6	5,8
10	7,2	7,4	11,4	12,1	6,8	6,9
11	7,0	7,6	8,3	9,2	7,2	7,2
12	4,5	4,8	6,8	7,4	1,3	1,4
13	0,2	0,8	4,1	4,6	3,6	3,7
14	4,9	5,2	4,3	4,9	3,7	3,7
15	0,2	0,4	3,7	4,8	— 1,0	— 0,8
16	— 2,0	— 1,9	— 1,2	— 0,7	— 2,1	— 2,0
17	0,0	+ 0,2	+ 1,0	+ 1,4	+ 2,8	+ 2,9
18	+ 4,0	4,7	6,5	7,2	6,2	6,4
19	8,7	9,2	9,2	9,6	7,6	7,9
20	5,4	5,8	5,6	6,4	4,9	5,0
21	3,9	4,2	5,2	5,4	3,0	3,1
22	3,2	4,0	4,7	5,1	3,4	3,4
23	3,1	3,4	4,9	5,3	4,7	4,8
24	5,6	6,2	7,2	7,8	6,8	6,8
25	7,5	8,3	8,6	9,1	7,5	7,6
26	7,9	8,1	9,8	10,5	8,9	9,2
27	9,4	9,8	10,0	10,4	8,3	8,6
28	8,3	8,6	7,4	7,9	6,7	6,9
29	5,4	5,6	7,6	8,0	7,2	7,3
30	5,8	6,0	5,9	6,5	4,8	5,0
31	6,7	7,2	7,1	7,8	1,9	2,1
Moyennes.	5,5	6,0	7,34	8,0	5,53	6,25
Corrigées.	5,3	5,8	7,14	7,8	5,33	6,5

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir . . 5°31
au Midi, id. id. . . . 5,92

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

JANVIER 1863.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	0°6	1°2	6°2	6°8	5°2	5°3
2	4,8	5,1	3,5	3,6	4,0	4,1
3	4,7	5,2	6,3	7,2	5,6	5,7
4	6,2	6,7	7,4	7,9	6,8	6,9
5	6,0	7,1	9,8	10,4	8,7	8,9
6	7,6	8,2	7,6	7,9	6,4	6,5
7	4,7	4,9	4,9	5,2	1,8	1,8
8	2,6	3,0	4,3	5,0	2,3	2,4
9	2,4	2,5	5,2	6,1	1,6	1,6
10	2,5	2,7	6,4	7,0	5,2	5,2
11	4,6	5,2	6,2	6,7	5,0	5,1
12	3,5	3,7	6,4	7,8	2,4	2,7
13	4,2	4,2	6,2	6,5	4,6	4,8
14	3,2	3,5	4,8	5,4	4,2	4,3
15	3,5	3,7	4,7	5,0	3,9	4,0
16	2,2	2,3	2,8	3,1	0,7	0,9
17	0,6	0,7	1,3	1,7	1,4	1,4
18	0,9	1,1	3,1	3,4	2,3	2,4
19	8,4	8,7	10,6	11,5	9,0	9,3
20	9,5	10,6	7,3	8,2	4,2	4,3
21	5,3	6,2	8,4	9,0	6,4	6,6
22	7,2	7,8	8,6	9,2	8,2	8,5
23	5,8	7,2	11,5	12,8	10,5	10,9
24	6,7	7,4	9,6	10,5	6,9	7,2
25	5,6	7,6	9,1	10,2	6,2	6,4
26	1,8	2,1	6,0	6,8	3,8	3,9
27	5,7	6,4	7,2	7,5	4,3	4,4
28	— 1,4	— 0,6	5,3	7,9	0,5	0,9
29	+ 0,8	+ 1,2	3,8	4,3	5,4	5,6
30	5,6	6,2	9,2	10,8	8,7	9,2
31	8,2	8,7	11,0	12,4	5,6	5,8
Moyennes.	4,32	4,85	6,6	7,34	4,9	5,06
Corrigées.	4,12	4,65	6,4	7,14	4,7	4,86

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 4°41
au Midi, id. id. . . . 4,75

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ORDINAIRES.

FÉVRIER 1863.

DATE.	9 HEURES DU MATIN.		3 HEURES DU SOIR.		9 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.	TEMPÉRATURE au NORD.	TEMPÉRATURE au MIDI.
1	2°1	6°2	7°5	8°2	5°8	6°1
2	4,5	6,0	8,3	9,4	7,5	7,9
3	8,0	8,6	8,4	8,9	5,7	5,8
4	3,4	7,2	8,5	10,2	6,2	6,4
5	8,9	9,4	10,7	11,4	7,4	7,6
6	8,7	9,2	9,8	10,3	8,2	8,4
7	7,5	7,6	9,0	9,5	7,8	8,1
8	7,4	8,0	8,7	9,1	5,8	6,0
9	2,5	5,2	6,8	9,0	1,4	1,8
10	— 0,3	5,1	7,4	9,8	4,3	4,6
11	+ 0,4	4,2	7,3	9,7	2,5	3,1
12	0,6	2,6	8,5	11,3	1,9	2,3
13	5,3	7,4	9,2	11,4	3,8	4,0
14	1,9	5,6	8,6	10,2	2,9	3,1
15	1,4	6,2	7,5	9,0	1,3	1,5
16	0,2	6,4	8,0	9,7	2,2	2,4
17	0,4	6,7	8,4	10,2	3,4	3,6
18	0,8	5,2	8,6	10,9	1,2	1,3
19	0,0	1,3	8,2	9,8	4,3	4,5
20	1,7	8,9	8,5	12,4	2,2	2,5
21	— 2,5	— 1,7	6,3	9,5	— 0,3	0,0
22	— 0,8	+ 6,2	9,1	10,0	+ 5,2	5,4
23	+ 2,3	5,1	8,7	10,9	6,8	7,0
24	6,9	7,3	8,4	9,2	4,7	4,9
25	1,6	8,9	8,5	17,2	2,6	3,1
26	— 2,2	— 1,6	9,2	19,8	1,8	2,4
27	— 0,3	+ 5,8	10,0	18,3	2,4	2,9
28	— 1,8	— 1,5	10,3	20,4	2,6	3,0
Moyennes.	2,48	5,55	8,62	11,27	3,98	4,24
Corrigées.	2,28	5,35	8,42	11,07	3,78	4,04

Moyennes : au Nord à 9 h. du matin et 9 h. du soir. . . 3°3

au Midi, id. id . . . 4,69

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DÉCEMBRE 1862.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	4°5	4°6	4°5	4°6	Clair.
2	3,9	3,9	3,8	3,8	Nuageux.
3	2,4	2,5	2,3	2,4	Clair.
4	7,5	7,6	7,4	7,6	Couvert.
5	6,8	6,9	6,8	6,9	Id.
6	6,2	6,2	6,0	6,1	Clair.
7	10,7	11,0	10,4	10,6	Couvert.
8	10,8	11,2	10,6	10,8	Nuageux.
9	5,4	5,6	5,4	5,6	Couvert.
10	5,2	5,2	5,0	5,2	Pluie.
11	6,7	6,9	6,5	6,7	Clair.
12	4,9	5,0	4,8	4,9	Nuageux.
13	— 0,3	— 0,3	— 0,6	— 0,4	Clair.
14	+ 4,9	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,9	Couvert.
15	+ 0,2	+ 0,2	0,0	+ 0,2	Brouillard.
16	— 1,8	— 1,8	— 2,0	— 1,8	Id
17	— 0,2	— 2,0	— 0,4	— 0,3	Id.
18	+ 3,4	+ 3,6	+ 3,4	+ 3,4	Clair.
19	7,6	7,6	7,5	7,6	Couvert.
20	6,2	6,3	6,1	6,3	Pluie.
21	3,5	3,5	3,3	3,4	Couvert.
22	2,4	2,6	2,3	2,4	Id.
23	2,2	2,3	2,0	2,2	Id.
24	4,5	4,6	4,3	4,5	Pluie.
25	6,3	6,4	6,2	6,3	Couvert.
26	7,4	7,6	7,3	7,4	Id.
27	8,6	8,6	8,4	8,6	Pluie.
28	7,4	7,6	7,3	7,4	Couvert.
29	5,2	5,2	5,1	5,2	Pluie.
30	4,7	4,7	4,6	4,6	Id.
31	5,6	5,8	5,5	5,6	Couvert.
Moyennes.	4,93	4,93	4,80	4,92	
Corrigées.	4,63	4,63	4,60	4,72	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 4°52
au marronnier 4,63
au Nord. 4,60
au Midi. 4,72

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

JANVIER 1863.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	— 1°0	— 0°9	— 1°2	— 1°0	Clair.
2	+ 4,7	+ 4,8	+ 4,7	+ 4,8	Couvert.
3	3,8	4,0	3,8	3,8	Id.
4	4,6	4,8	4,6	4,6	Id.
5	5,2	5,3	5,1	5,2	Clair.
6	6,5	6,7	6,5	6,5	Pluie.
7	4,6	4,6	4,4	4,5	Couvert.
8	2,5	2,7	2,5	2,6	Id.
9	2,1	2,2	2,0	2,1	Id.
10	1,9	2,0	1,9	1,9	Pluie.
11	3,6	3,6	3,5	3,6	Id.
12	3,2	3,4	3,2	3,3	Nuageux.
13	2,4	2,5	2,4	2,5	Couvert.
14	2,6	2,6	2,5	2,6	Brouillard.
15	3,0	3,2	2,9	3,0	Pluie.
16	2,4	2,5	2,4	2,4	Couvert.
17	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,3	Id.
18	+ 0,3	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,2	Id.
19	5,4	5,6	5,4	5,6	Pluie.
20	8,2	8,4	8,0	8,2	Clair.
21	3,6	3,6	3,5	3,6	Couvert.
22	6,2	6,3	6,1	6,2	Id.
23	4,5	4,6	4,5	4,6	Nuageux.
24	5,8	6,1	5,8	6,0	Id.
25	4,2	4,4	4,2	4,3	Clair.
26	1,2	1,2	1,0	1,2	Id.
27	4,3	4,3	4,2	4,3	Couvert.
28	— 1,6	— 1,6	— 1,8	— 1,6	Brouillard.
29	+ 1,2	— 1,1	— 1,2	— 1,1	Couvert.
30	5,8	+ 5,6	+ 5,4	+ 5,6	Id.
31	6,2	6,3	6,2	6,2	Id.
Moyennes.	3,49	3,44	3,35	3,42	
Corrigées.	3,19	3,14	3,15	3,22	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . . 3°19
au marronnier 3,14
au Nord. 3,15
au Midi. 3,22

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

FÉVRIER 1863.

DATE.	6 HEURES DU MATIN.				
	AMPHITHÉATRE.	MARRONNIER.	NORD.	MIDI.	ÉTAT DU CIEL.
1	0°2	0°3	0°2	0°3	Clair.
2	3,6	3,7	3,6	3,7	Couvert.
3	6,4	6,5	6,4	6,4	Id.
4	2,6	2,8	2,6	2,6	Clair.
5	6,3	6,5	6,3	6,4	Couvert.
6	6,8	7,0	6,8	6,9	Id.
7	7,2	7,3	7,2	7,3	Id.
8	6,9	6,9	6,8	6,9	Pluie.
9	+ 2,7	+ 2,8	+ 2,7	+ 2,8	Couvert.
10	— 1,8	— 1,8	— 2,0	— 1,9	Clair.
11	— 1,5	— 1,5	— 1,6	— 1,6	Id.
12	— 0,9	— 0,9	— 1,1	— 1,0	Id.
13	+ 4,3	+ 4,4	+ 4,2	+ 4,3	Couvert.
14	+ 0,2	+ 0,2	0,0	+ 0,2	Clair.
15	— 0,2	— 0,2	— 0,2	— 0,2	Id.
16	— 2,0	— 2,0	— 2,2	— 2,1	Id.
17	— 2,2	— 2,2	— 2,4	— 2,4	Id.
18	— 1,8	— 1,8	— 1,9	— 1,8	Id.
19	— 2,5	— 2,4	— 2,5	— 2,4	Brouillard.
20	— 0,3	— 0,2	— 0,4	— 0,3	Clair.
21	— 2,4	— 2,3	— 2,6	— 2,4	Brouillard.
22	— 3,2	— 3,2	— 3,4	— 3,4	Clair.
23	+ 1,6	+ 1,6	+ 1,4	+ 1,6	Id.
24	+ 5,4	+ 5,7	+ 5,3	+ 5,4	Couvert.
25	+ 0,8	+ 0,8	+ 0,6	+ 0,7	Clair.
26	— 3,2	— 3,2	— 3,4	— 3,3	Brouillard.
27	— 2,9	— 2,8	— 3,0	— 2,9	Clair.
28	— 2,2	— 2,1	— 2,4	— 2,2	Brouillard.
Moyennes.	1,0	1,05	0,90	0,98	
Corrigées.	0,7	0,75	0,7	0,78	

Moyennes : à l'amphithéâtre. . . 0°7
au marronnier 0,75
au Nord. 0,70
au Midi. 0,78

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

DATE.	DÉCEMBRE 1862. — 9 HEURES DU MATIN.		JANVIER 1863. — 9 HEURES DU MATIN.		FÉVRIER 1863. — 9 HEURES DU MATIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	6°2	3°2	7°4	— 1°8	11°4	— 0°6
2	10,4	2,3	5,7	0,0	8,7	+ 1,2
3	9,2	1,2	5,3	+ 1,7	9,2	4,1
4	9,3	3,5	6,2	4,1	9,1	1,4
5	10,2	5,0	7,4	4,2	8,7	2,5
6	9,8	5,4	9,8	5,1	10,6	6,0
7	11,4	7,0	9,0	3,2	10,1	6,2
8	14,0	8,0	4,7	0,4	8,9	6,8
9	9,7	3,2	4,1	0,9	9,4	2,1
10	8,0	4,8	5,2	0,4	6,5	— 2,9
11	11,5	4,6	6,0	2,3	8,5	— 2,0
12	9,6	3,6	6,2	2,0	7,0	— 1,8
13	6,8	— 1,7	6,3	1,5	8,2	— 0,2
14	4,9	— 0,4	6,5	1,4	9,0	— 0,6
15	5,2	— 0,6	5,2	2,2	8,3	— 1,0
16	3,8	— 3,2	5,2	1,8	7,2	— 3,2
17	0,0	— 2,4	2,6	— 0,2	7,6	— 3,5
18	6,5	0,0	1,5	0,0	8,5	— 2,6
19	8,6	+ 3,8	8,2	+ 0,2	8,4	— 3,4
20	11,0	5,2	10,4	7,3	8,0	— 1,2
21	6,5	1,8	10,2	2,2	8,0	— 3,5
22	5,2	2,0	8,7	4,7	5,4	— 4,1
23	4,5	1,8	8,8	3,6	9,4	— 1,0
24	5,4	2,7	12,2	4,1	9,0	+ 2,4
25	7,0	5,2	9,8	3,2	8,6	— 1,2
26	8,2	6,5	9,0	0,6	7,8	— 3,8
27	9,8	7,3	5,6	0,4	8,6	—3 ,4
28	9,9	7,0	10,5	— 2,3	9,7	— 3,0
29	8,4	4,6	5,0	— 2,4		
30	7,4	4,0	6,2	+ 0,6		
31	6,8	3,9	9,0	4,9		
Moyennes.	7,91	3,20	7,03	1,8	8,56	— 0,36

Moyennes : des maxima et des minima de juin. . . . 5,56
Id. id. de juillet. . . 4,41
Id. id. d'août 4,10

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	DÉCEMBRE 1862. 9 heures du matin. Température à 1m,26 au-dessus du sol.	DÉCEMBRE 1862. 9 heures du matin. Température à 3m au-dessous du sol.	DÉCEMBRE 1862. 3 heures du soir. Température à 1m,26 au-dessous du sol.	DÉCEMBRE 1862. 3 heures du soir. Température à 3m au-dessous du sol.	JANVIER 1863. 9 heures du matin. Température à 1m,26 au-dessous du sol.	JANVIER 1863. 9 heures du matin. Température à 3m au-dessous du sol.	JANVIER 1863. 3 heures du soir. Température à 1m,26 au-dessous du sol.	JANVIER 1863. 3 heures du soir. Température à 3m au-dessous du sol.
1	12°1	13°6	12°0	13°6	9°7	12°2	9°7	12°1
2	12,0	13,6	11,9	13,6	9,6	12,1	9,6	12,1
3	11,8	13,5	11,8	13,5	9,6	12,1	9,6	12,1
4	11,8	13,5	11,7	13,5	9,6	12,0	9,6	12,0
5	11,7	13,4	21,6	13,4	9,5	12,0	9,5	11,9
6	11,6	13,4	11,5	13,4	9,5	11,9	9,5	11,9
7	11,4	13,4	11,4	13,3	9,5	11,9	9,5	11,9
8	11,3	13,3	11,2	13,3	9,4	11,9	9,4	11,9
9	11,1	13,3	11,1	13,2	9,4	11,8	9,4	11,8
10	11,0	13,2	11,0	13,2	9,4	11,8	9,4	11,8
11	11,0	13,1	10,9	13,1	9,4	11,8	9,4	11,7
12	10,9	13,1	10,8	13,1	9,4	11,7	9,3	11,7
13	10,8	13,0	10,7	13,0	9,3	11,7	9,3	11,7
14	10,7	13,0	10,6	12,9	9,2	11,7	9,2	11,6
15	10,6	12,9	10,6	12,9	9,2	11,6	9,2	11,6
16	10,6	12,9	10,6	12,8	9,2	11,6	9,2	11,6
17	10,5	12,8	10,5	12,8	9,2	11,6	9,2	11,6
18	10,5	12,8	10,5	12,8	9,1	11,6	9,1	11,5
19	10,4	12,8	10,4	12,8	9,1	11,5	9,1	11,5
20	10,4	12,8	10,4	12,8	9,1	11,5	9,0	11,5
21	10,4	12,8	10,3	12,8	9,0	11,5	9,0	11,5
22	10,3	12,7	10,3	12,7	8,9	11,5	8,9	11,4
23	10,2	12,7	10,2	12,7	8,9	11,4	8,9	11,4
24	10,2	12,7	20,1	12,7	8,9	11,4	8,8	11,4
25	10,1	12,7	10,1	12,6	8,8	11,4	8,8	11,4
26	10,1	12,6	10,0	12,6	8,7	11,4	8,7	11,4
27	10,0	12,5	10,0	12,5	8,7	11,3	8,7	11,3
28	9,9	12,5	9,9	12,4	8,7	11,3	8,6	11,3
29	9,9	12,4	9,8	12,4	8,6	11,3	8,6	11,3
30	9,8	12,3	9,8	12,3	8,6	11,2	8,6	11,2
31	9,7	12,2	9,7	12,2	8,6	11,2	8,6	11,2
Moyenn.	10,73	12,95	10,70	12,95	9,15	11,64	9,13	11,62
Corrigées	10,43	12,65	10,40	12,65	8,85	11,34	8,83	11,32

RECHERCHES SUR LA TEMPÉRATURE AU-DESSOUS DU SOL.

THERMOMÈTRES ÉLECTRIQUES.

DATE.	FÉVRIER 1863. 9 HEURES DU MATIN.		FÉVRIER 1863. 3 HEURES DU SOIR.	
	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 1m,26 au-dessous DU SOL.	TEMPÉRATURE à 3m au-dessous DU SOL.
1	8°6	11°2	8°6	11°2
2	8,6	11,1	8,6	11,1
3	8,5	11,1	8,5	11,1
4	8,5	11,1	8,5	11,1
5	8,5	11,1	8,5	11,1
6	8,4	11,1	8,4	11,1
7	8,4	11,1	8,4	11,1
8	8,4	11,0	8,4	11,0
9	8,4	11,0	8,4	11,0
10	8,4	11,0	8,4	11,0
11	8,4	11,0	8,5	11,0
12	8,5	11,0	8,5	11,0
13	8,5	11,0	8,6	11,0
14	8,6	11,0	8,6	10,9
15	8,6	10,9	8,6	10,9
16	8,6	10,9	8,6	10,9
17	8,7	10,9	8,7	10,9
18	8,7	10,9	8,7	10,9
19	8,7	10,9	8,7	10,9
20	8,7	10,9	8,7	10,8
21	8,7	10,8	8,7	10,8
22	8,7	10,8	8,7	10,8
23	8,7	10,8	8,7	10,8
24	8,7	10,8	8,7	10,8
25	8,7	10,8	8,7	10,8
26	8,7	10,8	8,7	10,8
27	8,7	10,8	8,7	10,8
28	8,7	10,8	8,7	10,8
Moyenn.	8,58	10,95	8,59	10,95
Corrigées	8,28	10,65	8,29	10,65

RELEVÉ DES OBSERVATIONS DE MAXIMA ET DE MINIMA

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE PARIS EN 1861.

DATE.	JANVIER.		FÉVRIER.		MARS.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA
1	»	8 3	3°2	— 0°8	10°8	3,0
2	0°6	— 0,5	6,6	— 1,0	10,6	4,6
3	0,2	— 4,8	0,2	— 2,0	14,6	7,5
4	0,7	— 4,2	0,0	— 3,6	8,2	6,2
5	»	— 3,1	4,7	— 2,4	»	1,5
6	— 3,0	— 9,1	11,2	1,8	12,6	4,6
7	0,2	— 7,9	8,6	3,8	11,5	6,6
8	— 2,2	— 6,8	9,6	1,0	13,0	5,4
9	»	— 9,0	10,0	3,8	11,6	7,6
10	— 1,9	— 7,4	5,7	4,0	16,0	3,3
11	5,3	— 6,4	1,8	— 0,8	8,8	5,7
12	»	— 7,0	»	— 5,1	8,6	2,4
13	— 4,8	— 8,0	8,6	— 3,0	6,6	1,9
14	— 1,3	— 7,7	»	0,2	7,4	1,3
15	— 1,7	— 5,8	9,0	»	10,4	2,3
16	— 2,3	—10,0	10,6	4,2	10,6	1,6
17	»	— 9,2	11,8	4,2	9,5	1,8
18	»	— 1,5	11,4	5,9	7,4	2,2
19	— 2,2	— 4,5	8,7	4,1	9,7	2,5
20	»	— 4,4	»	4,9	10,0	4,6
21	4,6	— 0,6	11,9	6,6	10,3	6,3
22	1,9	1,4	»	8,1	10,2	2,6
23	— 0,6	— 2,0	13,1	8,9	12,6	0,2
24	3,9	— 3,3	7,4	6,4	17,0	3,4
25	7,3	— 1,4	»	5,2	11,8	7,8
26	11,6	6,2	7,5	4 3	14,6	8,6
27	11,4	4,4	5,2	3,3	16,2	7,7
28	5,0	1,2	10,2	2,9	16,4	7,9
29	»	— 1,1			11,3	6,9
30	2,2	— 2,0			13,5	1,5
31	0,4	— 2,1			11,4	6,8
Moyennes.	1,79	— 3,46	7,7	2,4	11,40	4,49

Moyennes. . . . . { Janvier . . . . — 1°32
Février 5,45
Mars 7,78

RELEVÉ DES OBSERVATIONS DE MAXIMA ET DE MINIMA

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE PARIS EN 1861.

DATE.	AVRIL.		MAI.		JUIN.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	12°3	3°2	15°4	3°7	6°6	10°7
2	13,7	6,1	15,6	8,1	17,3	11,2
3	11,5	6,0	16,4	7,8	17,5	10,6
4	14,3	5,5	»	5,4	19,8	10,4
5	13,4	8,2	»	2,2	»	10,2
6	14,4	7,4	8,8	1,6	19,5	9,7
7	13,6	6,0	11,2	4,0	20,7	11,6
8	12,4	4,2	12,0	5,0	19,4	11,4
9	8,3	2,9	18,1	4,1	20,9	13,4
10	11,2	2,0	19,8	8,4	19,2	11,5
11	14,7	3,1	20,9	12,3	20,0	1,0
12	13,8	4,6	20,4	1,9	24,4	13,2
13	14,6	5,3	»	10,5	25,9	13,2
14	12,3	7,5	12,4	7,2	28,1	17,5
15	13,5	6,2	18,2	7,3	27,6	17,5
16	18,2	7,4	20,7	9,0	27,0	18,8
17	21,3	8,0	21,1	11,6	26,9	17,4
18	17,5	7,8	12,4	6,2	29,7	18,5
19	16,7	5,4	13,7	5,0	27,8	17,8
20	12,8	3,6	18,3	5,1	29,7	20,2
21	15,2	2,8	22,5	9,6	27,8	19,2
22	16,2	4,6	22,2	13,4	»	18,2
23	12,8	2,2	21,9	13,1	24,3	17,6
24	12,2	3,0	19,9	14,7	22,6	13,4
25	18,2	4,0	21,9	»	22,9	14,8
26	18,3	7,9	23,5	10,0	21,6	14,8
27	16,2	8,5	25,6	13,6	21,6	13,8
28	10,6	4,3	27,0	15,6	22,6	14,6
29	12,7	4,6	20,9	16,1	21,0	13,7
30	11,3	2,3	29,6	12,6	18,2	12,8
31			22,1	11,9		
Moyennes.	13,97	5,12	18,27	8,57	22,80	14,30

Moyennes	Avril	9°54
	Mai.	13,42
	Juin.	18,20

RELEVÉ DES OBSERVATIONS DE MAXIMA ET DE MINIMA

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE PARIS EN 1861.

DATE.	JUILLET.		AOUT.		SEPTEMBRE.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MIXIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	21°8	11°6	25°1	13°0	24°8	12 9
2	19,8	12,6	28,2	13,3	28,1	11,8
3	»	»	22,0	14,7	26,3	14,8
4	22,7	10,7	24,6	14,5	23,5	14,8
5	21,7	12,8	29,7	15,0	23,4	18,2
6	20,5	11,3	24,5	16,2	28,3	15,1
7	20,9	14,1	27,6	15,8	20,8	12,6
8	20,5	13,6	24,8	18,2	20,4	11,2
9	21,1	14,3	26,2	19,5	21,8	9,6
10	21,3	13,2	23,2	18,7	19,8	14,8
11	22,6	15,4	28,4	16,4	19,1	10,0
12	»	15,8	33,7	18,1	21,1	9,5
13	21,7	16,1	26,8	18,2	23,5	9,0
14	20,4	14,0	27,7	17,0	19,1	12,0
15	21,7	14,6	30,7	17,3	16,5	11,2
16	21,9	13,6	32,3	19,3	17,5	9,3
17	22,7	15,2	22,9	15,4	16,5	10,9
18	22,6	15,2	24,7	13,3	17,2	8,4
19	22,4	12,3	22,6	15,2	19,0	8,2
20	23,6	12,0	20,8	13,0	21,4	8,4
21	24,9	17,7	21,3	11,2	19,6	12,2
22	24,0	14,9	21,7	11,6	15,8	13,0
23	23,5	15,9	26,1	12,6	17,4	13,9
24	21,6	14,6	18,3	13,6	18,3	11,6
25	25,5	16,5	19,3	14,0	17,8	11,0
26	24,3	18,8	20,4	11,8	16,2	9,6
27	»	13,7	23,0	12,2	17,3	6,6
28	20,1	12,0	25,9	13,8	18,6	6,1
29	23,2	12,4	23,5	14,6	19,0	10,4
30	22,6	14,6	21,9	14,8	22,0	11,4
31	23,1	16,6	22,6	12,4		
Moyennes.	22,22	14,14	22,40	14,73	20,33	11,30

Moyennes. . . . . { Juillet. . . . . 18°18
Août. 18,56
Septembre. 15,81

RELEVÉ DES OBSERVATIONS DE MAXIMA ET DE MINIMA

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE PARIS EN 1861.

DATE.	OCTOBRE.		NOVEMBRE.		DÉCEMBRE.	
	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	23°6	12°4	»	5°5	11°0	7°8
2	20,9	14,3	7,4	1,4	»	2,5
3	19,6	»	»	2,1	5,2	— 0,6
4	19,6	12,5	»	1,4	3,75	— 1,6
5	21,9	12,4	10,6	3,4	4,8	— 2,8
6	23,8	12,5	»	6,6	»	— 0,7
7	23,5	13,2	12,3	6,7	12,3	»
8	23,0	13,7	10,2	7,6	14,7	9,5
9	22,0	16,0	9,1	6,4	12,2	9,6
10	22,6	14,0	10,0	1,4	14,6	6,3
11	21,0	16,5	10,5	5,1	10,4	6,6
12	17,8	8,2	11,3	4,4	9,9	7,6
13	19,7	8,0	17,4	8,2	12,2	6,0
14	28,3	8,9	»	6,2	10,9	6,8
15	19,5	9,0	»	4,2	10,3	3,3
16	18,2	9,8	11,0	1,2	»	6,1
17	16,4	13,2	4,5	— 0,5	9,5	8,3
18	14,0	9,1	1,4	— 2,0	8,5	6,2
19	16,0	6,3	2,3	— 2,9	»	2,8
20	16,0	7,4	1,7	— 6,0	3,3	0,6
21	19,1	8,3	8,8	— 4,4	1,1	— 2,6
22	15,1	11,0	»	4,6	0,3	— 3,8
23	15,2	7,6	8,9	5,0	2,4	— 2,6
24	16,5	8,2	4,8	0,7	3,5	— 1,9
25	15,2	5,8	4,0	— 3,2	3,8	— 2,2
26	11,4	3,0	12,3	»	1,6	— 5,8
27	5,7	2,0	14,4	»	3,6	— 3,4
28	»	2,2	13,8	»	2,0	— 3,4
29	5,7	2,5	12,0	»	— 1,7	— 5,2
30	6,8	1,6	14,8	10,8	— 0,4	— 6,0
31	9,4	»			0,0	— 3,8
Moyennes.	17,50	9,30	9,18	2,81	6,37	1,45

Moyennes. . . . . { Octobre. . . . . 13°55
Novembre. 6,01
Décembre. . . . . 3,91 }

ANNÉE 1862. — MAXIMA ET MINIMA DIURNE

DATE.	JANVIER.		FÉVRIER.		MARS.		AVRIL.		MAI.		JUI
	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.
1	— 3°8	— 0°5	10°0	12°3	— 1°3	5°6	5°0	15°2	13°9	24°9	13°5
2	— 0,8	2,6	8,8	10,5	— 1,0	6,9	5,6	18,0	13,4	20,9	14,8
3	— 3,5	0,2	7,2	9,3	0,7	6,8	10,2	15,0	10,0	24,9	12,6
4	— 2,6	5,2	8,4	12,2	— 1,8	5,8	7,6	16,6	14,3	25,0	12,7
5	1,0	5,5	7,3	13,5	— 4,8	4,9	8,5	18,8	13,9	24,5	12,6
6	1,1	»	7,5	8,8	— 0,1	15,8	8,6	13,2	13,8	27,1	15,0
7	0,6	3,5	»	»	8,7	18,0	9,8	17,8	15,6	18,0	16,5
8	0,6	3,8	— 4,0	— 2,2	6,1	19,4	10,0	13,2	9,3	19,6	17,7
9	2,0	»	— 7,6	— 0,9	6,8	»	10,0	13,4	12,2	17,4	10,3
10	»	12,9	— 5,2	0,3	5,2	13,0	7,6	15,0	7,8	16,4	8,0
11	9,6	12,2	— 1,5	3,8	4,7	12,2	7,8	15,7	9,8	18,1	13,4
12	4,5	8,5	— 1,0	4,8	7,3	15,2	4,2	6,6	9,9	17,0	11,6
13	4,7	7,9	0,8	6,5	6,4	15,8	— 1,0	6,4	13,3	17,4	13,5
14	2,4	»	— 0,1	3,5	7,9	16,2	0,1	7,1	10,6	17,4	10,8
15	1,1	3,3	— 1,9	4,9	7,2	12,8	0,4	»	11,8	17,1	9,5
16	— 1,2	— 0,2	— 2,0	7,9	7,4	15,1	0,7	11,6	10,0	16,0	12,6
17	— 6,4	— 3,3	»	13,9	5,2	12,6	6,2	12,2	12,2	19,8	10,4
18	— 8,0	— 3,4	4,5	14,4	5,0	16,2	5,1	14,7	11,7	19,1	10,4
19	— 9,4	— 4,8	4,7	15,9	6,0	11,8	6,2	20,0	14,0	22,8	10,6
20	— 9,2	— 1,0	6,4	15,6	6,4	12,9	7,2	20,7	13,9	23,5	11,5
21	0,8	4,1	2,2	14,2	5,2	15,1	10,0	21,4	11,8	18,0	12,0
22	1,3	5,1	»	12,0	2,6	6,2	10,2	24,0	6,0	17,2	11,9
23	0,9	6,1	3,3	11,6	3,1	»	10,3	17,6	7,4	20,5	12,9
24	5,4	10,0	3,9	9,1	5,0	20,1	5,6	21,6	12,7	22,2	9,0
25	6,7	10,7	1,2	8,4	9,3	20,5	11,2	27,3	»	19,6	12,5
26	2,0	7,8	0,4	3,0	8,7	18,5	13,8	25,7	9,4	19,1	12,0
27	— 1,4	5,3	1,1	5,7	11,6	20,1	11,4	16,4	8,7	17,1	14,4
28	— 1,1	4,8	1,0	8,8	12,0	15,4	11,7	17,0	14,0	20,4	8,6
29	5,7	9,0	»	»	9,4	17,0	8,5	19,3	15,0	24,7	8,2
30	8,0	12,3	»	»	7,7	13,5	9,7	22,4	»	21,8	12,8
31	11,0	13,6	»	»	4,8	13,4	»	»	13,4	10,6	»
Moyennes.	0,73	5,04	2,54	8,43	5,20	13,16	7,40	16,8	11,65	20,20	12,0

RATURES OBSERVÉES A L'OBSERVATOIRE DE PARIS.

ET.	AOUT.		SEPTEMBRE.		OCTOBRE.		NOVEMBRE.		DÉCEMBRE.	
MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.
18°5	13°0	25°3	14°0	20°6	9°4	15°5	7°5	14°8	4°1	»
19,3	15,6	29,5	14,9	20,5	9,0	15,1	9,2	12,8	3,8	9°1
21,8	14,5	21,4	12,4	18,3	12,9	18,5	10,2	11,3	2,2	9,4
22,2	12,7	24,5	9,7	17,9	»	17,4	9,2	11,1	5,2	10,1
27,8	15,4	24,7	11,4	16,6	13,7	19,4	9,0	10,4	6,1	9,8
19,0	14,4	22,0	8,8	19,2	14,8	18,5	8,5	»	6,0	11,2
20,3	12,5	21,9	11,9	16,8	11,8	16,7	8,8	11,6	9,4	13,9
21,0	13,9	21,1	»	20,5	11,4	17,7	1,8	9,1	8,2	9,7
24,4	12,0	19,6	14,9	20,3	10,4	18,4	1,7	8,7	3,7	7,9
22,0	11,3	19,0	13,2	21,4	10,0	20,0	7,6	12,0	5,0	12,0
18,6	11,2	18,6	11,8	17,0	12,2	19,4	5,3	7,0	6,0	10,0
18,7	»	19,8	8,6	18,3	10,8	19,5	1,9	»	3,9	6,8
22,0	19,8	22,4	8,2	19,2	13,8	16,6	»	9,5	— 0,4	4,2
24,2	12,6	25,2	7,6	20,0	»	23,3	7,2	9,2	2,8	5,0
21,9	15,0	21,6	11,0	22,5	13,8	23,7	6,1	»	— 0,2	»
19,5	15,1	20,3	13,7	22,7	10,2	16,0	5,5	7,0	»	»
91,7	15,3	19,7	13,5	20,2	5,2	13,4	5,0	8,4	— 2,0	»
23,5	15,2	20,7	12,8	21,9	8,7	13,6	3,2	6,7	0,8	»
25,0	14,4	17,6	11,4	20,8	7,1	13,5	3,2	5,1	5,3	11,1
22,6	15,2	22,2	11,2	20,7	10,0	12,8	— 1,2	2,1	4,5	6,7
21,0	15,5	25,7	9,8	20,1	6,7	11,2	0,1	2,7	»	5,2
22,3	14,1	18,8	10,9	18,2	10,1	13,7	— 5,7	»	2,0	4,6
21,6	11,2	20,1	8,6	19,0	9,7	13,6	— 3,4	»	1,6	5,1
24,7	10,6	20,7	11,2	23,2	7,6	11,3	— 3,0	2,2	4,1	»
28,3	13,6	22,6	15,2	19,1	2,6	11,8	— 2,0	»	5,8	8,3
30,6	13,8	23,1	15,2	23,2	2,5	11,2	— 1,0	3,1	6,7	10,0
28,3	16,6	19,6	11,6	24,6	5,0	12,4	— 0,4	4,9	7,6	9,8
16,9	»	14,7	»	22,8	5,0	12,8	1,0	3,8	7,1	8,3
23,5	»	13,8	16,1	21,6	3,2	11,4	1,8	»	4,7	7,4
17,1	13,2	19,8	16,4	21,9	8,6	11,6	2,7	»	»	6,7
22,4	12,2	19,9	14,6	»	9,6	15,0	»	»	4,4	»
22,65	13,58	21,15	11,95	20,41	9,19	9,19	15,64	7,58	4,44	8,43

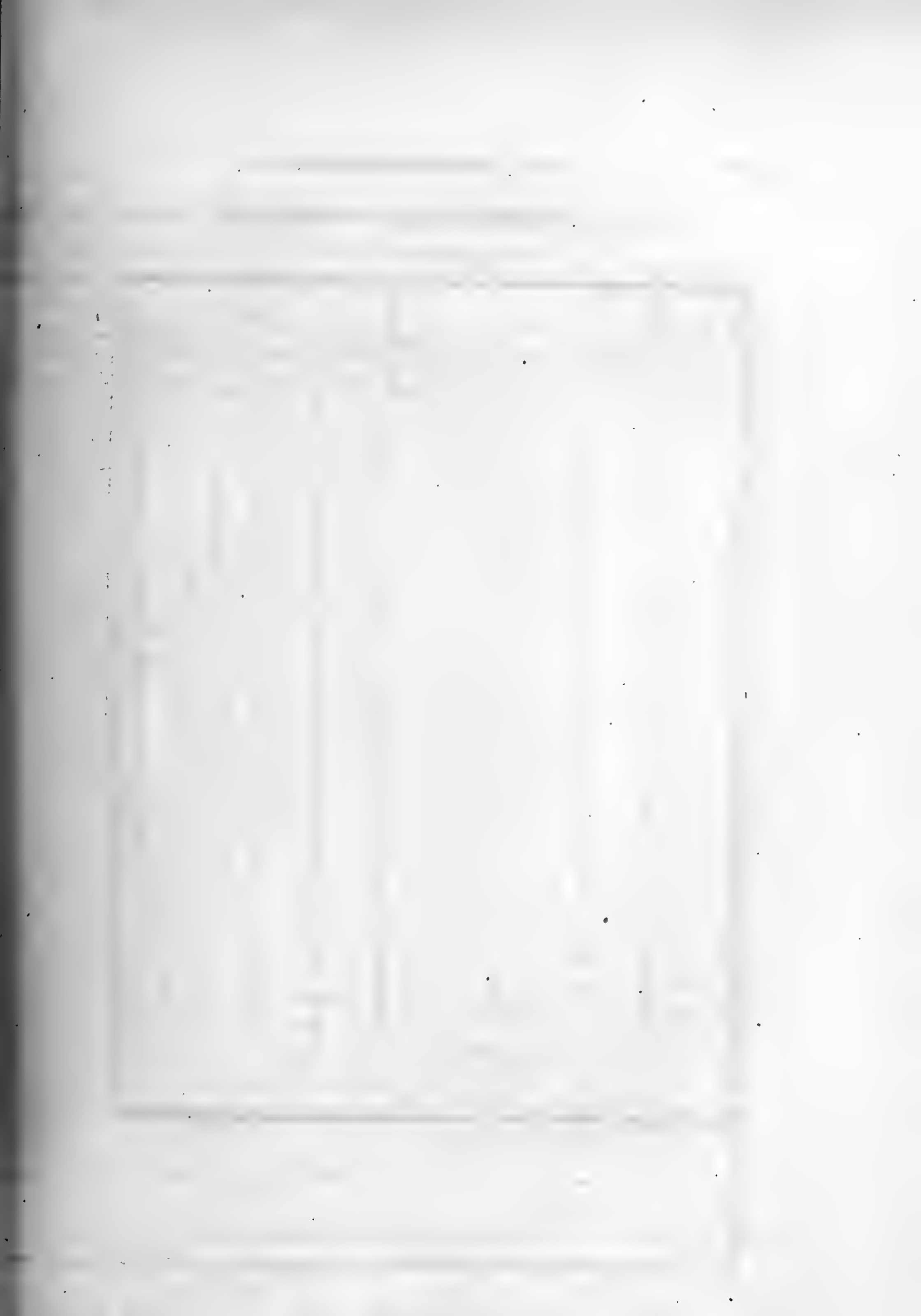
TEMPÉRATURES MAXIMA ET MINIMA (1).

OBSERVATOIRE DE PARIS. 1863.

DATE.	JANVIER.		FÉVRIER.	
	MINIMA.	MAXIMA.	MINIMA.	MAXIMA.
1	— 0°2	6°4	0°8	8°1
2	3,8	5,4	2,8	8,7
3	2,5	6,4	6,6	9,3
4	4,9	7,3	2,2	8,3
5	4,8	10,1	4,6	10,7
6	6,7	9,2	6,9	9,9
7	3,5	»	6,9	8,8
8	1,6	4,9	7,0	9,2
9	0,8	5,6	3,0	6,5
10	0,7	6,5	— 1,0	8,3
11	3,7	6,4	— 0,7	7,5
12	2,2	6,6	— 0,2	9,1
13	2,0	7,1	1,8	9,0
14	2,7	5,3	0,8	8,3
15	3,3	5,2	0,4	7,5
16	1,9	4,6	— 1,1	7,5
17	0,3	2,0	— 1,3	8,5
18	0,4	»	— 1,0	8,7
19	0,5	10,7	— 2,1	7,7
20	8,1	10,4	0,3	8,2
21	3,0	8,8	— 1,3	6,2
22	5,9	8,8	— 2,2	9,2
23	4,6	12,4	— 2,1	8,5
24	4,9	9,9	5,0	8,6
25	4,3	9,2	— 0,2	8,0
26	1,2	»	— 2,4	8,9
27	»	10,7	— 2,0	9,9
28	— 0,6	5,7	— 1,2	10,0
29	— 1,7	6,3		
30	5,1	9,2		
31	6,4	11,7		
Moyennes.	2,91	7,75	1,09	8,53

Température moyenne de janvier. . . 5°,33
Température moyenne de février. . . 4°,81

(1) Minima du matin, lus vers 9 heures; maxima de l'après-midi, lus en général à 3 heures.



TEMPÉRATURES MOYENNES DIURNES DÉDUITS

A 9 HEURES DU MATI

DATE.	1862.					
	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.	AVRIL.	MAI.	JUIN.
1	— 1°9	10°8	0°9	10°1	18°8	16°9
2	0,9	9,1	3,4	13,8	15,6	15,4
3	— 2,3	8,5	2,0	11,7	18,9	18,2
4	3,1	9,7	1,4	12,9	17,8	16,6
5	3,9	9,0	1,9	13,5	19,4	19,6
6	2,5	7,7	11,3	13,6	21,7	20,5
7	1,7	0,8	11,8	13,3	14,1	»
8	2,8	— 4,8	12,1	11,1	16,1	20,0
9	7,0	— 3,7	10,9	10,7	12,4	11,7
10	11,9	— 2,1	9,5	11,2	12,3	16,1
11	9,5	— 0,1	9,2	10,5	13,4	16,2
12	6,0	3,0	10,0	4,1	12,6	16,7
13	4,0	3,5	10,8	2,8	13,8	15,4
14	4,2	0,7	10,2	4,1	13,3	13,3
15	1,4	1,4	9,8	4,7	13,7	14,9
16	— 1,4	3,6	10,0	7,4	12,8	11,6
17	— 5,6	9,2	8,0	9,2	15,3	14,6
18	— 6,2	8,7	10,8	9,8	15,0	11,9
19	— 7,6	11,0	9,2	14,5	18,1	13,5
20	— 4,1	10,6	9,3	15,3	18,5	12,9
21	1,0	8,3	7,6	15,2	11,8	14,2
22	3,5	9,2	4,7	13,2	12,2	14,1
23	4,6	6,0	8,5	12,3	16,6	14,2
24	8,0	5,7	12,7	16,2	18,9	14,7
25	7,7	4,5	14,6	20,2	14,3	15,8
26	2,8	2,3	14,0	19,1	14,1	16,2
27	1,4	3,3	15,3	12,7	14,6	14,4
28	3,2	3,9	12,2	13,3	17,6	12,0
29	9,3		11,7	14,4	21,5	15,5
30	11,8		9,0	17,3	17,0	13,5
31	11,6		9,7		16,6	
Moyennes...	3,11	4,99	9,11	12,4	15,76	14,91

Nota. — Le chiffre des dixièmes est forcé.

TIONS FAITES A L'OBSERVATOIRE DE PARIS
S DU SOIR, MINUIT.

1862.				1863.	
SEPTEMBRE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.	JANVIER.	FÉVRIER.
16°7	10°8	10°5	6,5	4°5	5°6
15,9	12,9	11,2	6,0	3,7	7,0
13,9	16,1	10,6	6,5	5,6	7,4
15,0	15,0	10,1	8,0	6,7	5,8
12,3	16,2	9,5	8,6	8,1	8,3
14,7	15,6	9,5	9,4	7,3	8,5
14,5	12,9	8,4	12,0	3,5	7,6
17,0	13,3	4,3	6,5	3,1	6,9
16,0	14,1	7,3	6,1	2,4	2,6
16,9	14,6	8,4	8,0	4,4	3,7
13,2	14,4	5,2	7,9	5,4	3,1
13,5	16,7	5,6	3,1	3,4	3,8
14,0	14,8	8,3	3,4	4,7	5,1
15,6	17,5	7,7	4,1	3,9	3,4
18,4	17,0	6,9	0,2	4,2	2,5
18,3	11,1	5,9	— 1,7	1,3	2,5
15,4	10,4	6,1	2,1	1,2	3,8
16,6	10,9	4,6	5,6	1,9	2,8
15,5	10,9	3,8	8,5	8,9	4,0
15,2	9,4	0,4	4,8	7,0	3,2
14,7	10,1	— 0,1	3,4	6,1	0,2
13,9	12,2	— 0,6	3,0	7,8	5,1
14,3	10,3	— 1,7	4,0	8,8	5,5
17,5	8,2	— 0,4	6,4	7,6	5,8
15,7	6,2	— 0,9	7,8	6,2	3,3
17,8	8,7	1,0	8,4	3,4	0,5
19,3	8,4	2,8	8,6	5,6	3,7
19,1	8,1	3,2	7,2	2,0	3,2
17,8	8,7	4,8	6,3	3,9	
16,7	10,0	5,6	5,8	7,5	
	10,6		4,0	7,2	
15,85	12,13	5,27	5,85	5,7	4,45

NOTA. — Le chiffre des dixièmes est forcé.

DATE.	OBSERVATOIRE. — TEMPÉRATURE MOYENNE mensuelle.	JARDIN DES PLANTES. — TEMPÉRATURE MOYENNE mensuelle.	DIFFÉRENCE entre LES NOMBRES de la 1re et de la 2e colonne.
Decembre 1860 . . .	5°71	3°27	2,44
Janvier 1861 . . .	— 1,47	— 1,15	— 0,32
Février.	5,23	5,32	— 0,09
Mars.	7,98	8,01	— 0,03
Avril.	9,54	9,76	— 0,22
Mai	13,50	13,68	— 0,18
Juin	18,28	18,60	— 0,32
Juillet.	17,59	17,54	+ 0,05
Août.	19,89	20,03	— 0,14
Septembre.	15,65	15,85	— 0,20
Octobre.	12,55	12,07	+ 0,48
Novembre.	6,13	5,67	+ 0,46
Moyenne. . . .	10,86	10,66	

DATE.	OBSERVATOIRE 1861.			JARDIN DES PLANTES 1861.		
	MAXIMUM MENSUEL de l'année météorologiq.	MINIMUM MENSUEL de l'année météorologiq.	MOYENNES ANNUELLES météorologiq.	MAXIMUM MENSUEL de l'année météorologiq.	MINIMUM MENSUEL de l'année météorologiq.	MOYENNES ANNUELLES météorologiq.
Décembre 1860 . .	+ 4°70	0°26	2°48	4,80	0°53	2°67
Janvier 1861. . . .	+ 1,79	— 3,46	— 0,83	1,30	— 4,04	— 2,74
Février.	7,70	2,40	5,05	7,49	3,41	5,45
Mars.	11,40	4,49	7,94	11,64	3,93	7,78
Avril.	13,97	5,12	9,54	14,56	4,53	9,54
Mai.	18,27	8,10	13,17	18,46	8,11	13,28
Juin	22,10	14,30	18,20	24,16	14,05	19,10
Juillet.	22,20	14,14	18,18	23,08	13,43	18,25
Août.	22,40	14,73	18,56	26,34	14,14	20,24
Septembre.	20,33	11,30	15,81	21,38	10,67	16,02
Octobre. . . .	17,50	9,30	13,40	17,74	8,30	13,03
Novembre.	9,18	2,84	6,01	8,74	2,35	5,04
Moyennes. . .	14,32	6,94	10,63	14,97	6,61	10,90

	ANNÉE ORDINAIRE.	ANNÉE ORDINAIRE.	MOYENNES MENSUELLES.	ANNÉE ORDINAIRE.	ANNÉE ORDINAIRE.	MOYENNES MENSUELLES.
Janvier 1561. . .	1,79	— 3,46	— 0,83	1,30	— 4,04	— 2,74
Février.	7,70	2,40	5,05	7,49	3,61	5,45
Mars.	11,40	4,49	7,94	11,64	3,93	7,78
Avril.	13,97	5,12	9,54	14,56	4,53	9,54
Mai.	18,27	8,10	13,17	18,46	8,11	13,28
Juin.	22,10	14,30	18,20	24,16	14,05	19,10
Juillet	22,20	14,14	18,18	23,08	13,43	18,25
Août.	22,40	14,73	18,56	26,34	14,14	20,24
Septembre.	20,33	11,30	15,81	21,38	10,67	16,02
Octobre.	17,50	9,30	13,40	17,74	8,33	13,03
Novembre.	9,18	2,84	6,01	8,74	2,33	5,54
Décembre.	6,37	1,45	3,91	6,53	0,23	3,38
Moyennes . .	14,43	7,06	10,75	15,09	6,59	10,84

TABLEAU DES MAXIMA ET MINIMA DE TEMPÉRATURE

PENDANT L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE DE 1862.

DATE.	MAXIMA.	MINIMA.	MOYENNES.	MOYENNE DES SAISONS.
OBSERVATOIRE DE PARIS.				
Décembre 1861. . .	1°39	1°45	3°92	
Janvier 1862. . . .	5,00	0,73	2,86	4°03
Février	8,43	2,18	5,30	
Mars, ...	13,67	5,20	9,43	
Avril	16,68	7,41	12,04	10,46
Mai. . . .	20,20	11,65	15,92	
Juin.	19,95	12,15	16,05	
Juillet.	22,70	14,09	18,39	17,27
Août.	21,16	13,59	17,37	
Septembre. . . .	20,41	11,97	16,17	
Octobre	15,67	9,18	12,42	11,52
Novembre	7,88	3,44	5,66	
Moyenne. . . .	14,86	7,75	11,29	
JARDIN DES PLANTES.				
Décembre 1861. .	6,52	0,23	3,37	
Janvier 1862. . . .	4,79	1,26	3,02	3,72
Février.	8,21	1,35	4,78	
Mars.	13,56	4,47	9,01	
Avril.	16,83	6,10	11,61	12,27
Mai.	21,46	10,92	16,19	
Juin.	21,24	11,23	16,23	
Juillet.	24,00	13,29	18,64	17,57
Août.	22,37	12,33	17,85	
Septembre.	21,04	11,06	16,05	
Octobre	16,17	8,25	12,21	11,12
Novembre	7,32	2,88	5,10	
Moyenne. . . .	15,29	6,96	11,17	

TEMPÉRATURES MOYENNES ANNUELLES MÉTÉOROLOGIQUES

ET ORDINAIRES DÉDUITES DES OBSERVATIONS DIURNES.

TE.	OBSERVATOIRE 1861.		JARDIN DES PLANTES 1861.		OBSERVATOIRE 1862.		JARDIN DES PLANTES 1862.	
	TEMPÉRATURE moyenne MENSUELLE.	TEMPÉRATURE moyenne DE CHAQUE SAISON.	TEMPÉRATURE moyenne MENSUELLE.	TEMPÉRATURE moyenne DE CHAQUE SAISON.	TEMPÉRATURE moyenne MENSUELLE.	TEMPÉRATURE moyenne DE CHAQUE SAISON.	TEMPÉRATURE moyenne MENSUELLE.	TEMPÉRATURE moyenne DE CHAQUE SAISON.
e 1860..	5°71		3°37		3°49		2°95	
1861. . .	— 1,47	Hiver 3°16	— 1,15	Hiver 2°39	3,11	Hiver 3°86	2,73	Hiver 3°53
. . . .	5,23		5,32		4,99		4,31	
. . . .	7,98		8,01		9,11		8,41	
. . . .	9,54	Printemps 10,34	9,76	Printemps 10,48	12,04	Printemps 12,30	11,54	Printemps 11,87
. . . .	13,50		13,68		15,76		15,66	
. . . .	18,28		18,60		14,91		15,78	
. . .	17,59	Été 18,55	17,54	Été 18,72	18,30	Été 16,74	18,49	Été 17,56
. . . .	19,89		20,03		17,00		18,40	
re. . . .	15,65		15,43		15,85		15,66	
. . . .	12,55	Automne 11,44	12,07	Automne 10 05	12,13	Automne 11,08	11,67	Automne 10,64
e. . . .	6,13		5,67		5,27		4,60	
nes. . .	10,86	10,86	10,66	10,66	10,99	10,99	10,85	10,85

861. . .	— 1,47		— 1,5		3,11		2,73	
. . . .	5,23		5,32		4,99		4,31	
. . . .	7,98		8,01		9,11		8,41	
. . . .	9,54		9,76		12,04		11,54	
. . . .	13,50		13,68		15,76		15,66	
. . . .	18,28		18,60		14,91		15,78	
. . . .	17,59		17,54		18,30		18,49	
. . . .	19,89		20,03		17,00		18,40	
re. . . .	15,65		15,43		15,85		15,66	
. . . .	12,55		12,07		12,13		11,67	
e. . . .	6,13		5,67		5,27		4,60	
e. . . .	3,47		2,96		5,85		5,51	
ynes. . .	10,68		10,63		11,71		11,06	

TEMPÉRATURES MOYENNES

DÉDUITES DES OBSERVATIONS DIURNES ET DES OBSERVATIONS DES MAXIMA ET DES MINIMA DES ANNÉES VULGAIRES ET MÉTÉOROLOGIQUES 1861, 1862, ET DE L'HIVER 1863.

		OBSERVATOIRE.	JARDIN DES PLANTES.
1861.			
Année météorologique. Moyennes des observations diurnes.	Hiver	3°,16	2°,39
	Printemps	10°,34	10°,48
	Été	18°,60	18°,72
	Automne	11°,44	11°,05
Moyenne de l'année météorologique		10°,86	10°,70
Température de l'année vulgaire, temps moyen		10°,68	10°,63
Année météorologique. Températures moyennes observées à des maxima et des minima.	Hiver	2°,23	1°,79
	Printemps	10,°22	10°,20
	Été	18°,31	19°,20
	Automne	11°,44	11°,53
Moyenne de l'année météorologique		10°,63	10°,68
Temp. moy. déduite des maxima et minima de l'année vulgaire.		10°,75	10°.84
1862.			
Année météorologique. Moyennes des observations diurnes.	Hiver	3°,80	3°,33
	Printemps	12°,12	11°,37
	Été	16°,71	17°,86
	Automne	11°,08	10°,64
Moyenne de l'année météorologique		10°,99	10°,85
Température de l'année vulgaire		11°,20	11°,06
Année météorologique. Moyennes des observations du maxima et du minima.	Hiver	4°,03	3°.72
	Printemps	12°,46	12°,27
	Été	17°,27	17°,57
	Automne	11°,32	11°,12
Moyenne de l'année météorologique		41°,32	11°,17
Temp. moy. déduite des maxima et minima de l'année vulgaire.		11°,45	11°,31
HIVER DE 1863.			
Moyennes diurnes.	Décembre 1862	5°,85	5°,51
	Janvier 1863	4°,91	4°,64
	Février	4°,46	3°,23
	Moyennes	5°,07	4°,40
Température maxima et minima.	Décembre 1862	6°,32	5°,55
	Janvier 1863	5°,25	4°,40
	Février	4°,81	4°,10
	Moyennes	5°,46	4°,68

MOYENNES DES ANNÉES ORDINAIRES ET MÉTÉOROLOGIQUES 1861, 1862, ET DE L'HIVER 1863.

ANNÉE ORDINAIRE.

			OBSERVATOIRE.	JARDIN DES PLANTES.
TEMPÉRATURE MOYENNE DÉDUITE DES OBSERVATIONS DIURNES.				
1861			10°,68	10°,63
1862			11°,26	11°,06
Moyenne			10°,94	10°,84
TEMPÉRATURE MOYENNE DÉDUITE DES MAXIMA ET MINIMA.				
1861			10°,73	10°,84
1862			11°,45	11°,31
Moyenne			11°,09	11°,07
TEMPÉRATURES MOYENNES DES SAISONS DÉDUITES DES OBSERVATIONS DIURNES ET DES OBSERVATIONS MAXIMA ET MINIMA.				
1861.	Observations diurnes.	Hiver	3°,16	2°,39
		Printemps	10°,34	10°,48
		Été	18°,55	18°,72
		Automne	11°,44	11°,07
1861.	Observations des maxima et minima.	Hiver	1°,79	1°,79
		Printemps	10°,22	10°,20
		Été	18°,35	19°,20
		Automne	11°,74	11°,53
1862.	Observations diurnes.	Hiver	3°,85	3°,33
		Printemps	12°,30	11°,87
		Été	16°,74	17°,56
		Automne	11°,68	10°,64
1862.	Observations des maxima et minima.	Hiver	4°,03	3°,72
		Printemps	12°,46	12°,27
		Été	17°,27	17°,57
		Automne	11°,52	11°,12

On déduit les résultats suivants du groupement des moyennes qui précèdent :

DATE.	OBSERVATOIRE.	JARDIN DES PLANTES.
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'ANNÉE VULGAIRE DÉDUITE DES OBSERVATIONS DIURNES.		
1861	10°,68	10°,63
1862	11°,20	11°,06
Moyenne des deux années.	10°,94	10°,84
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'ANNÉE VULGAIRE DÉDUITE DES MAXIMA ET MINIMA.		
1861	10°,75	10°,84
1862	11°,45	11°,31
Moyenne des deux années.	10°,10	11°,07
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE DÉDUITE DES OBSERVATIONS DIURNES.		
1861	10°,86	10°,70
1862	10°,99	10°,86
Moyenne des deux années.	10°,92	10°,70
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'ANNÉE MÉTÉOROLOGIQUE DÉDUITE DES MAXIMA ET MINIMA.		
1861	10°,63	10°,68
1862	11°,32	11°,17
Moyenne des deux années.	10°,97	10°,92

MOYENNES MENSUELLES DE 1861.

Janvier	— 1°,47	Avril	9°,54	Juillet	17°,59	Octobre	12°,55
Février	5°,23	Mai	13°,30	Août	19°,89	Novembre	6°,13
Mars	7°,98	Juin	18°,28	Septembre	15°,67	Décembre	3°,49

Moyenne de l'année . . . . 10°,68

Moyenne . . . . . — 7°,55 + 26°,62 Variation . . . . 34°,07

DÉCEMBRE 1860.

DATE.	THERMOM. EXTÉRIEUR.	MINIMA.	MAXIMA.	DATE.	THERMOM. EXTÉRIEUR.	MINIMA.	MAXIMA.
1	5°0 7,3	»	8°9	17	1°8 1,2	0°1	2°8
2	3,9 7,8	2°8	2,6	18	0,0 0,0	— 0,8	3,0
3	7,4 9,3	5,4	9,8	19	— 0,9 — 7,1	— 1,1	— 0,1
4	8,2 8,9	6,6	12,0	20	— 1,2 — 3,0	— 3,5	0,6
5	8,8 8,2	6,8	10,0	21	— 2,5 — 0,8	— 4,2	0,5
6	8,5 10,3	6,1	10,4	22	— 3,2 — 1,2	— 4,9	— 0,2
7	9,2 7,7	8,6	10,5	23	— 0,5 — 1,4	— 2,0	0,8
8	6,4 7,0	5,6	8,0	24	— 8,3 — 2,7	— 8,7	— 5,8
9	7,2 7,7	6,8	9,2	25	— 3,9 — 6,5	— 6,2	0,0
10	6,5 6,6	4,7	9,3	26	— 0,7 — 0,3	— 3,6	1,0
11	4,9 5,0	2,9	6,8	27	2,6 3,1	»	4,4
12	4,2 4,8	4,0	5,6	28	2,4 — 3,1	+ 1,1	2,4
13	4,4 3,5	3,8	4,7	29	— 4,1 — 1,8	— 6,6	»
14	0,8 1,6	0,1	1,9	30	0,6 7,7	»	7,7
15	1,9 0,6	1,2	3,1	31	9,3 8,2	7,2	»
16	— 0,1 3,1	— 1,5	3,2				

HUITIÈME MÉMOIRE

SUR LA

TEMPÉRATURE DES COUCHES TERRESTRES

AU-DESSOUS DU SOL

JUSQU'A 36 MÈTRES DE PROFONDEUR.

---

§ I. — DE LA DÉTERMINATION DES TEMPÉRATURES A DE GRANDES PROFONDEURS AU-DESSOUS DU SOL, AVEC LE THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE.

La distribution de la chaleur dans la terre jusqu'aux plus grandes profondeurs où il a été possible de descendre les instruments, est une question qui attire, déjà depuis un certain nombre d'années, l'attention des physiciens, et que l'on peut aborder aujourd'hui plus avantageusement avec le thermomètre électrique qu'avec les thermomètres à maxima, qui ne peuvent pas être placés à poste fixe.

Le soleil lance continuellement sur la terre des rayons lumineux et calorifiques variant d'intensité avec la latitude,

les effets calorifiques qui en résultent dans les couches superficielles de la terre sont sensibles jusqu'à une certaine profondeur, où se trouve une couche invariable, ainsi appelée parce que sa température est constante, et dont la distance au sol varie également avec la latitude. Au-dessous de cette couche, dont on n'a pas cherché à déterminer en général l'épaisseur ni la distance au sol, la température va en augmentant sur la même verticale, suivant un rapport qui varie avec la nature du terrain, sa conductibilité et d'autres causes, mais qui est en moyenne et en nombre rond de 1° par 30 mètres, en ne tenant pas compte par conséquent de la nature des terrains, de leur conductibilité et d'autres causes; mais comme dans la même formation, pour un accroissement égal de température, la profondeur varie du simple au triple, ce rapport ne peut être considéré comme l'expression d'une loi.

Admettons, pour l'instant, cette loi d'accroissement de température de 1° par 30 mètres en s'abaissant au-dessous de la couche invariable, en faisant abstraction de la part qu'y prend la nature de chaque terrain, qu'il n'est pas sans intérêt de connaître. Si cette loi continuait jusqu'au centre de la terre, on aurait une température de 200,000°, qui n'est pas admissible, d'après les données que nous possédons sur les hautes températures que nous pouvons produire; cette loi devrait donc éprouver les plus grandes variations, et même cesser d'exister dans la partie du globe qui est en fusion ou en incandescence.

Quant à l'état calorifique actuel du globe, il est impossible de constater le moindre changement depuis les temps historiques, bien qu'il y ait eu un refroidissement graduel, exces-

sivement faible, à la vérité; car s'il eût été sensible, le volume de la terre aurait diminué, son mouvement de rotation autour de son axe aurait augmenté, et la durée du jour sidéral ne serait plus la même que jadis. Or, deux cents ans avant l'ère chrétienne, on a déterminé le mouvement propre de la lune en fonction du jour sidéral, et on trouve aujourd'hui que l'arc parcouru par cet astre en fonction de ce jour est le même qu'il y a deux mille ans; la température moyenne du globe n'a donc pas sensiblement changé.

Le thermomètre électrique permet d'étudier toutes les questions relatives à la chaleur depuis le sol jusqu'à de grandes profondeurs, en donnant un diamètre suffisant aux fils de fer et de cuivre qui en forment la partie principale.

Je ne m'occuperai, dans ce Mémoire, que de recherches relatives à la température de la couche invariable dans nos climats et à celle des terrains qui sont au-dessous, en ayant égard à leur nature. Les observations recueillies soit dans des mines profondes, soit dans divers sondages, démontrent l'existence de cette couche, qui ne se trouve pas à la même profondeur, sous la même latitude, dans des conditions géologiques différentes, ce qui rend en même temps très-difficile la détermination de la loi de l'accroissement de température au-dessous de la couche invariable, quand on ne connaît pas cette profondeur. Les différences que l'on observe dépendent non-seulement de la nature des terrains, mais encore de la température des eaux qui les traversent et de la proximité de roches voisines qui n'ont pas encore perdu toute leur chaleur d'origine, comme j'en citerai des exemples. M. Arago s'est attaché, pendant nombre d'années, à montrer, non-seulement à l'aide d'observations

faites avant lui, mais encore de celles qui lui sont propres ou faites en commun avec M. Walferdin, que la température de la terre au-dessous de la couche invariable allait en augmentant. On calcule naturellement l'accroissement de température à partir de la couche invariable; mais, comme on ne connaît pas la plupart du temps cette température, ainsi que la distance de la couche au sol, on prend pour sa valeur la moyenne du lieu, qui est indépendante des variations annuelles. Quant à la distance du sol, on la supprime, et on suppute l'accroissement de température à partir du sol même, ce qui est d'autant moins exact que la profondeur est moindre. La température du lieu n'étant pas toujours connue, parce que sa détermination exige une suite non interrompue d'observations de température pendant un grand nombre d'années, on se borne à prendre la température des puits, qui ne représente pas toujours la moyenne annuelle.

Dans nos contrées, la plupart des sources qui sortent sans mélange d'eaux superficielles n'éprouvent que de très-faibles variations de température dans l'année.

Dans les terrains de diluvium et tertiaires, il n'en est pas de même, en raison du mélange des eaux des rivières et des causes que je vais indiquer.

Les différences varient encore avec les quantités relatives de pluie qui tombent dans chaque saison. Effectivement, dans les régions septentrionales de l'Europe, comme la Norwége occidentale en est un exemple, la température des sources paraît inférieure à la moyenne du lieu. Quand on s'éloigne de la mer, les sources sont plus chaudes que la moyenne, et la différence augmente à mesure que l'on s'a-

vance dans les terres. En Italie, comme sous les tropiques, les sources sont plus froides que la moyenne de l'air. On peut expliquer ces faits en ayant égard à la quantité d'eau tombée dans chaque contrée et à la saison des pluies. L'eau, en s'infiltrant dans la terre, y porte nécessairement sa température, qui participe plus ou moins de celle de l'air qu'elle a traversé avant d'arriver au sol. Ainsi, en Allemagne et en Suède, où il tombe plus d'eau en été qu'en hiver, les sources ont une température plus élevée que la moyenne de l'air; tandis qu'en Norwége et en Italie, on doit observer des effets opposés. Enfin, dans les régions tropicales, lors de la saison des pluies, la température étant abaissée, les eaux doivent communiquer aux sources une température égale à la moyenne de l'air. Voilà des causes dont il faut tenir compte dans l'étude de la température des terrains perméables aux eaux pluviales, et que l'on néglige ordinairement, surtout quand on prend la température des sources pour celle du lieu.

Je reviens à l'accroissement moyen de 1° par 30 mètres, afin de montrer combien on s'écarte de la vérité en ne tenant pas compte de la nature propre de chaque terrain, l'accroissement de température, suivant les terrains, variant du simple au triple et même au delà; ce sujet étant important, je citerai quelques exemples.

Gensonné est le premier qui ait signalé, en 1740, le phénomène de l'augmentation de la température avec la profondeur; il fit ses observations dans les mines de plomb de Géromagny, près de Belfort, au moyen de thermomètres placés à diverses profondeurs; il trouva les résultats suivants :

A 101 mètres	. . . .	12°,5
206 —	. . . .	13°,1
308 —	. . . .	19°,0
433 —	. . . .	22°,7

L'accroissement de température est ici bien manifeste; mais il ne suit aucune loi, car de 101 mètres à 206, il y a un accroissement de 1° pour 175 mètres; de 206 à 308, il est de 1° pour 17^{m},6, et de 308 à 433, de 1° pour 33^{m},8. On voit déjà là la grande différence dans les profondeurs pour le même accroissement de température; il n'y a donc aucune loi, quand on néglige la nature du terrain.

De Saussure fit des expériences semblables, en 1785, en Suisse, dans un puits creusé à la recherche du sel gemme, en relevant la température de l'air des galeries et celle des eaux stagnantes. Voici quelques-unes des températures observées :

A 108 mètres	. . . .	14°,4
183 —	. . . .	15°,6
220 —	. . . .	17°,4

Ici, la loi de l'accroissement n'est pas la même qu'à Giromagny.

Dans les mines de Freyberg, sous la latitude de 51°, où il ne s'opère aucune réaction chimique, et à 400 mètres au-dessus du niveau de la mer, M. Daubuisson a trouvé :

Mine de Beschertglück.

A l'air.	— 4°,0
A l'entrée du puits par lequel l'air sortait de la mine.	+ 10°,0
A 120 mètres de profondeur sur une longueur de 1,200 mètres dans la galerie d'écoulement. . .	+ 10°,0

A 160 mètres dans une galerie voisine du puits . . .	11°,2
A 220 mètres dans une galerie où il y avait un petit courant d'air.	11°,2
Le thermomètre plongé dans un courant d'eau qui sortait de la roche.	12°,5
A 260 mètres dans une galerie où le courant d'air n'était pas sensible.	15°,0

Ces observations sont relatives seulement à la température de l'air dans les galeries, laquelle participe non-seulement de celle de la roche contiguë, mais encore de l'air extérieur, à raison des courants d'air continuels.

Mine de Kühschacht.

A l'époque où les observations ont été faites, la mine, qui avait 412 mètres de profondeur, était remplie d'eau jusqu'à une profondeur de 117; sa surface était donc de 295 mètres au-dessous du sol. Ces eaux ne communiquaient avec l'air extérieur que par un puits presque entièrement fermé. Leur température devait donc être sensiblement celle de la roche encaissante.

La température en plein air était de.	— 2°,5
A l'entrée du puits par où l'air sort de la mine.	10°,5
A 215 mètres, température de l'air	12°,5
A 271 mètres au-dessus de l'eau stagnante, dans l'air	15°,0
A la même profondeur, dans l'eau	16°,3

Mine de Junghohebirke

On a trouvé, pour la température de l'air à diverses profondeurs, les températures suivantes :

Pour l'air :

Hors de la mine.	0°,0
A 78 mètres.	10°,0
A 312 mètres.	17°,2

De tous ces résultats on tire seulement la conséquence que la température des couches terrestres, au-dessous d'une certaine limite, va en augmentant; ils indiquent en outre l'influence qu'exercent les eaux, la nature du terrain et les roches environnantes, etc., etc.

Je mentionnerai encore, d'après M. Arago, des déterminations de température faites dans des terrains de diverses natures. (*Notices scientifiques*, t. III, p. 372.)

La température des souterrains de l'Observatoire de Paris, taillés dans le calcaire grossier, à 28 mètres au-dessous du sol, est de 11°,70, sans aucune variation depuis trois quarts de siècle.

Cette température ne saurait être considérée comme celle de la masse calcaire, bien qu'elle en dépende, mais elle doit participer aussi de celle de l'air, en contact avec la roche et qui est en rapport avec l'air extérieur, dont la température moyenne, à l'Observatoire, est de 10°,6.

Dans un trou creusé, rue Mouffetard, à 15^{m},60, où il n'y avait pas d'eau, M. Arago a trouvé, avec le thermomètre à index de Bellani, 11°; cette température, comme je le dirai, ne représente pas exactement la température du terrain contigu.

M. Cordier, ayant enterré des thermomètres dans des trous pratiqués à diverses profondeurs dans trois mines de houille, celles de Cormeaux, de Littry et de Décize, dont les conditions géologiques sont différentes, a réuni une série

d'observations, qui conduisent aux conséquences suivantes : il y a un accroissement de 1° pour une profondeur moyenne

De 36 mètres à Carmeaux,
De 19 — à Littry,
De 15 — à Decize.

Ces grandes différences tiennent à l'épaisseur inégale du terrain houiller dans ces trois localités, à l'inégalité dans la conductibilité des couches verticales qui composent ces terrains, et peut-être encore à d'autres causes encore inconnues.

Toutes ces observations n'ont pas été faites dans des conditions convenables pour arriver à des lois, car on ne s'est pas mis en garde contre l'influence de l'air et des eaux venus des étages supérieurs, et, dans quelques cas, contre celle de la présence des ouvriers.

Les puits forés se prêtent beaucoup mieux que les excavations naturelles à des observations de température faites à des profondeurs plus ou moins considérables, sans cependant réunir toutes les conditions voulues pour étudier rigoureusement toutes les questions qui se rattachent à la chaleur terrestre; en effet, 1° la température dans les puits participant plus ou moins de celles des eaux qui viennent des étages supérieurs d'où résultent des mélanges d'eaux à différentes températures, on conçoit le rôle que joue l'eau dans cette circonstance : les sources qui produisent les eaux jaillissantes dans les puits artésiens sont alimentées par les eaux pluviales qui pénètrent au travers des fissures du sol, jusqu'à la rencontre d'une couche impénétrable, telle que l'argile; il en résulte qu'une nappe d'eau qui s'écoule dans une couche de sable entre deux couches d'argile, en suivant une

pente plus ou moins inclinée doit reprendre son niveau, quand on lui donne issue en perçant la couche imperméable supérieure. L'eau, en s'élevant à la surface du sol, doit donc communiquer aux terrains qu'elle traverse une partie de la chaleur qu'elle a prise aux sables d'où elle provient. Voilà une cause d'erreur dont on ne tient pas compte dans les observations de température faites dans les puits forés. Ces températures ne sont pas réellement celles des terrains de même nature situés à une certaine distance. Quant aux tubes en fer ou en cuivre dont ils sont pourvus pour éviter les éboulements, ils ne sauraient modifier en rien la température du fonds, aussi se garde-t-on bien de prendre des températures de divers points au dessus, afin d'éviter les effets résultant du mélange des eaux.

Je rapporterai d'abord les observations qui ont été faites par MM. Arago et Walferdin, soit concurremment, soit séparément, dans les puits forés de Grenelle (à l'abattoir), de l'École militaire et de Saint-Ouen, avec les thermomètres à maxima et à déversement :

PUITS DE GRENELLE.	TEMPÉRATURE.
A 248 mètres.	20°,00
298 —	22°,20
400 —	23°,75
505 —	26°,43
548 —	27°,70

M. Arago a déduit de ces valeurs et de celles obtenues dans les forages de l'École militaire et de Saint-Ouen les accroissements suivants, en partant de la température des caves de l'Observatoire de Paris à la profondeur de 28 mètres, qui est de 11°,70.

De 28 à 66	. . . .	1°,0	pour	31^{m}
De 66 à 173	. . . .	1	—	30
De 173 à 248	. . . .	1	—	20
De 248 à 298	. . . .	1	—	22,8
De 298 à 400	. . . .	1	—	62,0
De 400 à 505	. . . .	1	—	38,9
De 505 à 548	. . . .	1	—	33,0

Ces rapports indiquent d'abord que l'accroissement de température ne suit pas une loi uniforme dans un même lieu, puisque, pour un degré d'accroissement, le nombre de mètres dont il faut s'abaisser pour l'obtenir peut varier du simple au triple.

Sans sortir de la formation parisienne, j'ajouterai que dans le puits foré de l'École militaire on a trouvé, à 173 mètres au-dessous du sol, avec le thermomètre à maxima 16°,04, et à la gare Saint-Ouen, à 66 mètres, 12°,9. C'est à l'aide de ces deux déterminations et de la température des caves de l'Observatoire que M. Arago a pu établir les rapports que je viens de donner;

A la maison de poste de Maisons-Alfort, à une profondeur de 54 mètres, à 70 mètres de la rive gauche de la Marne, on a trouvé 14° pour la température de l'eau dans un puits foré; la température de l'eau d'un puits ordinaire de la localité ayant 11^{m},33 étant de 11°,7.

Je rapporterai encore les résultats obtenus dans d'autres terrains, d'abord dans le puits artésien de Dresde (*Bibliothèque universelle de Genève*, t. VII, nouvelle série, p. 419.)

Ce puits a traversé les terrains suivants :

Sable et cailloux	57	mètres.
Marne et calcaire	742	—
Marne pure.	20	—
	819	mètres.

A cette profondeur, l'eau jaillissante avait une température de 20° c., en admettant que ce fût celle du fond du puits et que la température moyenne de l'air à Dresde soit de 9° c., on en conclut un accroissement de 1° pour 78 mètres; ce qui ne saurait avoir lieu, attendu que la distribution de la chaleur n'est pas la même dans les divers terrains traversés par la sonde; c'est là la cause des différences obtenues dans diverses localités.

Puits foré de Mondorff, grand-duché de Luxembourg; ce puits a atteint la profondeur de 730 mètres, mais la source jaillissante provient d'une profondeur de 502 mètres seulement. M. Walferdin a trouvé pour la température à cette profondeur 25°,65; en prenant pour la température moyenne du lieu que l'on considère ordinairement, faute de mieux, comme celle de la couche invariable, la température d'un puits dont la profondeur est de 7 mètres, et qui est de 9°,7, on en a conclu, pour une profondeur de 495 mètres, un accroissement de 1° pour $31^m,04$. La répartition de la chaleur doit être cependant très-inégale dans cette localité à raison de la nature différente des terrains traversés par la sonde, et dont voici l'indication :

	m.
Lias	54,11
Keuper	206,02
Muschelkalk	142,17
Grès bigarré et dans la partie inférieure grès vosgien	311,46
Schistes anciens et quartzite des terrains du Grauwacke des Allemands	16,24
	730,00

(*Notices hist.*, t. III, p. 398, Arago.)

M. Mulot a exécuté, dans la commune de Saint-André

(Eure), le forage d'un puits artésien qui a donné de l'eau à la profondeur de 263 mètres. La température de l'eau à 253 mètres était de 17°,75. Or il existe dans cette localité un puits ordinaire de 75 mètres de profondeur, ayant une température de 12°, différence entre les deux températures 5°,75 d'augmentation de température pour une profondeur de 178 mètres, d'où l'on en a conclu 1° pour 30^{m},95. (*Notices scientifiques,* t. III, p. 790.)

Cette conclusion serait exacte si les 178 mètres de terrains traversés par la sonde étaient de même nature; mais il n'en est pas ainsi.

Voici du reste la succession des terrains traversés par la sonde :

	PROFONDEUR.	ÉPAISSEUR.
Cailloux roulés, terre végétale, argile et sable	m. 13,315	»
Craie alternant avec des silex, des argiles.	180,523	m. 167,208
Argile et grès.	264,418	83,895

Il y a là une diversité de terrains qui doit apporter une différence dans la distribution de la chaleur.

Les températures du puits foré du Creuzot, observées par M. Walferdin (*Comptes rendus des séances de l'Académie,* t. XLIV, p. 971), sont également importantes à rapporter : deux puits forés ont été exécutés dans des terrains sem-

blables, à 1,500 mètres l'un de l'autre, au Creuzot, par le procédé Kind.

Le premier, le puits de la Mouillelonge, avait atteint 816 mètres.

Le deuxième, le puits Torcy, 595 mètres. Les travaux de ce dernier étaient suspendus depuis six mois quand les observations commencèrent.

Pour avoir des moyennes de contrôle, M. Walferdin avait dix-huit instruments thermométriques renfermés dans des tubes en cristal de 2 millim. à $2^{mm},5$ d'épaisseur et scellés à la lampe.

Le puits de Mouillelonge traverse d'abord 371 mètres de grès bigarré, puis 445 mètres de terrain houiller, formé de couches alternatives de schistes noirâtres et de bancs de grès rose, à grains quelquefois granitiques et quelquefois feldspathiques, variant sensiblement de couleur.

Après quatre-vingts heures de cessation de travaux, les instruments thermométriques ont été descendus à la profondeur de 816 mètres, dont la vase boueuse qui était au fond avait été délayée à l'aide d'une cuiller. Après plusieurs opérations, on a trouvé $38^{\circ},31$ pour la température du puits à 816 mètres.

Le deuxième puits, qui n'avait que 554 mètres, à cause des éboulements, a donné $27^{\circ},23$ pour la température du fond; à Grenelle, à 548 mètres, MM. Arago et Walferdin avaient trouvé $27^{\circ},70$: la différence, comme on le voit, est assez faible.

Pour une différence de niveau de 262 mètres, on a eu une augmentation de température de $11^{\circ},09$ ou 1° par $23^{m},6$.

Or le premier puits traversait le grès bigarré et le terrain

houiller; le deuxième, le grès bigarré et une partie du terrain houiller. Cette différence dans la composition a dû influer sur la distribution de la chaleur.

M. Walferdin, en supposant que la température moyenne du sol soit de 9°,2, en a conclu un accroissement de 1° par 30^{m},7 pour les 554 mètres; de 550 à 816, il est plus rapide étant de 1° par 23^{m},6. On voit encore ici l'influence de la nature des terrains sur la température propre, influence que je me suis attaché à déterminer par les nouveaux moyens d'observations, qui font l'objet de ce Mémoire.

Les observations suivantes ont plus d'importance peut-être encore que les précédentes, en ce qu'elles mettent en évidence l'influence des roches voisines sur la température des terrains explorés.

Dans les terrains situés au-dessous de la couche invariable et dont l'accroissement de température est très-lent, de 1°, par exemple, pour 60 à 100 mètres de profondeur, les causes agissantes sont peu actives, tandis qu'elles le sont fortement dans des terrains comme celui où l'on a foré le puits de Neuffen (Wurtemberg), dans lequel on a trouvé 1° pour 10 mètres d'approfondissement (*Notices scientifiques*, t. III, p. 396, Arago.)

Voici la constitution du terrain où le sondage a eu lieu :

Schiste noirâtre bitumineux dans l'oolithe inférieur	245^{m}
Couches calcaires et marneuses du liss, calcaire à agryphées.	140
	385

On a déterminé les températures dans ce puits depuis la profondeur de 30 mètres jusqu'à 337^{m},95, où l'instrument a

indiqué 38°,7 centigrades; on trouvera dans le tableau suivant les résultats obtenus.

PROFONDEURS du puits OÙ L'ON A OBSERVÉ.	TEMPÉRATURE des POINTS OBSERVÉS.	DIFFÉRENCES entre les températures pour des PROFONDEURS ÉGALES.
28,64	+ 10,8	»
57,28	+ 13,7	2,9
85,92	+ 16,5	2,8
114,56	+ 18,4	1,9
143,20	+ 20,4	2,0
171,84	+ 23,5	3,1
200,48	+ 25,4	1,93
229,12	+ 27,8	2,40
257,76	+ 31,2	3,4
286,40	+ 33,5	2,3
309,31	+ 36,3	2,8
337,95	+ 38,7	2,4

Depuis la profondeur de 10 mètres jusqu'à celle de 286 mètres, en prenant les différences entre les températures pour des profondeurs égales, on a eu pour leurs valeurs :

2°,90; 2°,80; 1°,90; 2°,00; 3°,10; 1°,93; 2°,40; 3°,40; 2°,30

et pour les deux autres différences :

2°,8 et 2°,4.

Ces nombres indiquent que l'accroissement de température pour un abaissement du même nombre de mètres n'est pas le même, car il varie de 1°,93 à 3°,40, c'est-à-dire de 1°,47, d'où résulte en moyenne un accroissement de 1° pour 10^{m},5. Pour expliquer cet accroissement de température, M. Daubrée a fait intervenir la température des basaltes contiguës à ces terrains et qui conservent encore une portion faible, à la vérité, de leur chaleur d'origine, autant qu'on peut le croire en comparant la température des sources qui sortent de ces roches à celle des terrains voisins, laquelle est moins élevée.

Nous allons entrer dans quelques détails à cet égard sur les observations de température des sources de la vallée du Rhin, dans la chaîne des Vosges et au Kaisersthal.

M. Daubrée a reconnu une uniformité de température dans les sources d'égale altitude, dans la plaine et les collines basses de l'Alsace, les vallées des Vosges et de la forêt Noire, leur température ne différant dans leur moyenne que de 0°,8, quand elles sont à des altitudes très-rapprochées et à égale hauteur au-dessus du niveau de la mer. Ces sources sortent des terrains tertiaire, jurassique, triasique, du grès des Vosges et du grès rouge. Cette uniformité de température dans des terrains de diverses natures dans leur relief et leur exposition est très-remarquable.

Les sources de la vallée du Rhin, entre 180 et 260 mètres au-dessus du niveau de la mer, et entre la latitude de 48°20′ et 49°, ont une température moyenne de 10°,5.

La ligne, qui est le lieu des températures observées, indique la diminution des températures des sources avec la hauteur.

Cette ligne, par sa courbure, indique que le décroissement n'est pas uniforme en s'élevant.

Ainsi, dans la plaine et dans les collines au-dessous de 280 mètres, le décroissement est de 1° par 200 mètres; de 280 à 360, le décroissement n'est que de 1° par 120; il est plus rapide; de 360^{m} à 920^{m}, le décroissement est le même que dans la plaine. C'est en quittant le sol à ondulations douces pour passer aux pentes abruptes des montagnes que le décroissement est plus prononcé.

M. Daubrée a constaté un excès de la température des sources sur celle de l'air. Cet excès croît avec la hauteur comme avec la latitude.

Parmi les roches perméables, je citerai les basaltes de Kaisersthal, très-fissurées en différents sens et qui permettent aux eaux météoriques d'y pénétrer. Les sources y sont fort abondantes, jaillissent du fond des vallons et sortent de terrains ayant de 200 à 280 mètres d'altitude : on observe peu de variations dans leur volume et leur température avec les saisons.

Les principales sources ont des températures comprises entre 10°,40 et 14°,5 et varient par conséquent d'un point à un autre point plus élevé que les sources de la contrée.

La température moyenne des sources potables est de 12°,4, tandis que celle de Brisgau, qui est distante de 14 kilomètres de Kaisersthal et à une hauteur de 280, est 9°,75, différence 2°,6. Une des conséquences de l'état calorifique de ces terrains est que le climat de Kaisersthul est plus doux que les climats de Fribourg, Carlsruhe et Manheim.

Il paraîtrait, d'après l'opinion de M. Daubrée, que la haute température des sources de cette contrée, ainsi que

celle du terrain d'où elles sortent, ne dépendent pas de circonstances météorologiques ou d'influences extérieures, telles que la couleur du sol, etc., mais bien de la chaleur d'origine des basaltes qui n'est pas encore entièrement dissipée, ce qui vient à l'appui de l'accroissement de température plus rapide avec la profondeur, comme Neuffen en Wurtemberg en est un exemple. Dans cette localité, le sol, où l'accroissement est de 1° par 10^{m},5, est traversé par des masses basaltiques. A en juger par la seule température de l'ensemble de ces sources, la masse basaltique du Kaisersthal, on devrait y trouver une distribution de chaleur analogue à celle que l'on observe à Neuffen, c'est-à-dire un accroissement plus rapide de température avec la profondeur.

Au reste, nous avons des exemples de roches volcaniques modernes qui conservent pendant un grand laps de temps leur température d'origine.

Dolomieu a vu au Vésuve des masses de lave sorties depuis dix ans, qui avaient encore une chaleur sensible.

M. Élie de Beaumont (Recherches sur l'Etna, *Annales des mines,* troisième série, t. IX, p. 597) a vu une coulée s'élevant de 10 à 15 mètres au-dessus du terrain qu'elle recouvrait, qui possédait encore, vingt-deux mois et demi après sa sortie, une température suffisamment élevée pour qu'on sentît des bouffées d'un air chaud sortant des interstices venir frapper le visage.

La grande coulée de 1669, qui vint s'amonceler à une grande hauteur au pied des murs de Catane, fumait encore au bout de huit ans.

Mais ces laves, comme les masses basaltiques du Kaisersthal, se refroidiront avec le temps et prendront la température

ambiante comme les laves d'Auvergne, en ne participant pas aux variations diurnes, à une certaine profondeur.

§ II. — De l'emploi du thermomètre électrique pour les observations de température dans les couches terrestres.

Le mode d'observation en usage pour avoir la température de la terre au-dessous de la couche invariable, qui consiste à descendre dans des puits forés des thermomètres à déversement placés dans des enveloppes de verre ou de métal hermétiquement fermées afin d'éviter les effets résultant de la pression extérieure, ne peut donner que la température des points où ils sont momentanément placés, c'est-à-dire du fond du puits foré; le sondage continue-t-il, il devient impossible de reprendre cette température, à cause du tubage métallique et du mouvement des eaux qui tendent à équilibrer les températures des parties supérieures du puits.

On ne peut donc, avec les moyens actuels, étudier d'une manière continue la distribution de la chaleur dans les terrains qui ont été traversés par la sonde et reconnaître si, dans la suite des temps, la température de ces terrains n'a pas changé, non pas par suite d'un refroidissement graduel, d'une excessive lenteur, car, d'après les calculs de Fourier, il ne peut s'élever, depuis son origine, au-dessus de $\frac{1}{57600}$ de degré (on a d'autres preuves que le refroidissement séculaire est insensible; je les ai rapportées au commencement de ce Mémoire), mais à raison de causes géologiques actuelles, telles que les infiltrations des eaux, les réactions chimiques, le voisinage de roches qui sont dans un état de refroidisse-

ment, etc., etc., il peut donc s'opérer des variations de température qu'il est intéressant de connaître.

Il n'est donc point question, je le répète, de rechercher si le refroidissement séculaire est sensible ou non, mon but a été de substituer au mode actuel d'observation un autre qui permît d'étudier avec suite, facilité et précision, toutes les questions qui se rattachent aux changements de température, à un dixième et même à un vingtième de degré près, qui peuvent avoir lieu par suite de causes agissantes actuelles, changements qui peuvent réagir plus ou moins sur la température du sol, sur celle de l'air, comme les observations de M. d'Aubrée le prouvent. J'arrive maintenant à la description de mon procédé, qui est précisément le même, à des différences près résultant des nouvelles conditions à remplir, que celui qui m'a servi dans les recherches sur la température des parties intérieures de l'homme, des animaux et des végétaux, et sur la température de l'air, depuis le sol jusqu'à une certaine hauteur au dessus.

Le thermomètre électrique, réduit à la plus simple expression, est un circuit fermé, composé d'un fil de fer et d'un fil de cuivre soudés à leurs points de jonction et dans lequel se trouvent un galvanomètre gardant parfaitement le zéro, ou mieux encore un magnétomètre solidement établi, et divers accessoires tels qu'appareils pour échauffer ou refroidir la soudure libre, un thermomètre, des lunettes, etc., qui sont décrits dans les planches I et II, et sur lesquels nous reviendrons. Le principe à l'aide duquel on détermine les températures avec cet instrument est très-simple : toutes les fois que la température est la même aux deux soudures, il ne se produit pas de courant thermo-électrique, et l'aiguille ai-

mantée du galvanomètre reste à zéro. Si donc la température n'est pas la même et que celle de l'une des deux soudures soit inconnue et placée dans un lieu où l'on ne peut l'observer avec un thermomètre, si l'on élève ou que l'on abaisse la température de l'autre soudure, qui est libre, jusqu'à ce que l'aiguille aimantée soit revenue à zéro, on sera certain alors que la température du milieu où est cette dernière et que l'on peut observer avec un thermomètre ordinaire très-exact, dont on vérifie fréquemment le zéro, et qui est divisé en dixièmes de degré, est la même que celle du lieu où se trouve l'autre soudure. Ce mode d'observation donne avec une très-grande exactitude la température cherchée, sans qu'il soit nécessaire de faire des corrections, comme on est obligé de le faire quand on observe avec des thermomètres à longues tiges.

On conçoit, d'après cela, la possibilité de trouver la température de la terre à de grandes profondeurs au-dessous du sol, en donnant aux fils métalliques des diamètres suffisants pour que les courants thermo-électriques qui proviennent d'une électricité à faible tension puissent faire dévier l'aiguille aimantée de 5 à 10° au moins pour une différence de température de 1°; au-dessous de cette limite, il n'est pas possible de déterminer des températures à un dixième de degré près au minimum : l'appareil doit avoir assez de sensibilité pour donner des vingtièmes de degré. Le galvanomètre dont on se sert doit garder parfaitement le zéro, sans quoi il est impossible de compter sur l'exactitude des résultats. Cette condition est remplie en soustrayant les deux aiguilles aimantées, dont l'une est extérieure et l'autre dans l'intérieur de la petite caisse, au rayonnement calorifique des objets voi-

sins, lequel agit plus efficacement sur la première que sur la seconde. On y parvient en enveloppant l'appareil avec un manchon de carton, recouvert intérieurement et extérieurement d'une feuille d'étain et fermé par en haut avec un couvercle semblable et que l'on ouvre à l'instant de l'observation, en le refermant immédiatement après. Il vaut mieux placer, autant que possible, le galvanomètre ou le magnétomètre dans une pièce qui n'est pas exposée à la radiation solaire et dans laquelle les changements de température sont très-lents, afin que la température soit sensiblement constante pendant un certain laps de temps.

Les changements de température modifiant l'élasticité du fil de soie qui suspend le système astatique des deux aiguilles aimantées, il en résulte que ce système ne garde pas le zéro. Il faut toujours avoir l'attention de vérifier le zéro avant et après l'observation, afin d'être bien certain qu'il n'a pas changé pendant le temps employé à la faire.

Il y a trois choses à considérer quand il s'agit de trouver la température de la terre à des profondeurs plus ou moins grandes :

1° Le puits foré destiné à recevoir le câble composé de sept circuits mixtes composés chacun d'un fil de fer et d'un fil de cuivre, l'un et l'autre suffisamment isolés et destinés à donner les températures de 5 mètres en 5 mètres, ou à des distances plus ou moins rapprochées si l'on veut; 2° le câble, sa construction et sa descente; 3° le galvanomètre et ses accessoires, ainsi que l'agencement de toutes ses parties et le mode d'observation. Je vais décrire chacune de ces parties et ensuite j'exposerai les résultats obtenus et les conséquences qui s'en déduisent. Je n'ai pu organiser ce mode

nouveau d'observation qu'avec le concours d'artistes habiles qui m'ont aidé de leurs conseils et qui ont diminué les frais de construction et d'installation autant qu'il leur a été possible, afin que la dépense fût très-modérée; c'est ce qui a eu lieu.

Du puits foré. L'administration du Muséum d'histoire naturelle avait mis à ma disposition un puits abandonné, revêtu en maçonnerie, qui traverse les carrières, et dont la profondeur était de $12^m,36$; il y avait $1^m,36$ d'eau; c'est au fond de ce puits que M. Dru, ingénieur civil, successeur de M. Mulot, a commencé le sondage en tubant le trou, dont le diamètre avait d'abord $0^m,21$; aussitôt que l'on eut atteint l'argile plastique, le diamètre fut réduit à $0^m,13$. Voici la nature et l'épaisseur des terrains traversés par la sonde:

MARS 1863.

NUMÉROS.	PROFONDEUR.	NATURE DES TERRAINS TRAVERSÉS.	ÉPAISSEUR.	EAU.
I	»	Puits maçonné.	12.36	11.21
2	12.36	Marne tendre jaunâtre.	0.08	
3	12.44	Calcaire.	0.99	
4	13.43	Marne verte.	1.42	
5	14.85	Calcaire dur chlorité.	0.34	
6	15.19	Marne verte.	0.39	
7	15 58	Calcaire dur chlorité.	0.23	
[illegible]	15.81	Marne verte chloritée.	0.71	11.00
[illegible]	16 52	Calcaire dur id.	0.23	
10	16.75	Marne verte id.	0.77	
11	17.52	Calcaire dur id.	0.31	
12	17.83	Marne verte id.	0.19	
13	18.02	Calcaire id.	0.11	
14	18.13	Marne id.	0.52	
15	18.65	Calcaire id.	0.08	
16	18.73	Marne id.	0.94	
17	19.67	Calcaire id.	0.24	
18	19.91	Marne id.	0 60	
19	20.51	Calcaire id.	0.29	
20	20.80	Marne id.	0.37	
21	21.17	Calcaire id.	0.26	
22	21.43	Marne id.	0.24	
23	21.67	Calcaire id.	0.26	
24	21.93	Marne id.	0.25	
25	22.18	Marne et plaquettes.	1.62	
26	23.80	Argile plastique sableuse noirâtre.	0.83	
27	24.63	Id. moins sableuse gris noirâtre.	0.20	
28	24 83	Id. noire et lignites.	0.63	
29	25.46	Id. grise sableuse.	0.23	
30	25 69	Id. à pyrites.	0.66	
31	26.35	Id. sableuse et lignites.	1.10	11.02
32	27.45	Id. grisâtre.	1.42	11.08
33	28 87	Id. noirâtre.	0 32	
34	29.19	Id. gris cendré.	1 81	
35	31.00	Id. sableuse.	5.60	
36	36.60	Fin du sondage dans les sables.		

Les sept soudures étaient placées comme il suit :

La première	à 36	mètres,	dans l'argile sableuse.
La deuxième	à 31	—	dans l'argile sableuse.
La troisième	à 26	—	dans l'argile sableuse et lignite.
La quatrième	à 21	—	dans le calcaire.
La cinquième	à 16	—	entre la marne verte chloritée et le calcaire dur.
La sixième	à 11	—	dans l'ancien puits comblé avec une terre sableuse.
La septième	à 6	—	*Idem.*

Un huitième câble indépendant du septième a été posé, la soudure se trouvant à 1 mètre au-dessous du sol.

Câble électrique.

Je désigne ainsi la réunion de sept fils de cuivre et de sept fils de fer, soudés deux à deux sur une longueur de 3 centimètres, un fil de fer à un fil de cuivre. Le premier couple a 50 mètres de longueur; le deuxième, 45; le troisième, 40, jusqu'au dernier, qui n'a plus que 20 mètres. Chaque fil est formé de sept autres fils, afin qu'il n'y ait pas d'interruption dans le cas où l'un d'eux viendrait à se briser avec le temps. Les sept fils de chaque groupe, étant réunis en un seul, formeraient un fil unique de 2 millimètres de diamètre. Chaque groupe de sept fils est entouré d'une couche de gutta-percha de 3 millimètres d'épaisseur enveloppée d'un ruban de coton goudronné. Les sept groupes de deux fils ou câbles partiels sont juxtaposés de la manière suivante : la première soudure est placée à l'extrémité du câble, qui occupe non le fond du puits foré, mais une position à $0^{m},60$ au-dessus ; la seconde à 5 mètres au-dessus ; ainsi de suite jusqu'à la septième, qui

se trouve à 6 mètres au-dessous du sol. Les sept groupes sont enroulés en torsade avec beaucoup de soin les uns sur les autres et le tout enveloppé de plusieurs bandes de toile de coton goudronnée, comme on le voit fig. 4, pl. I. Le câble ainsi préparé a un diamètre de $0^m,035$, et possède assez d'élasticité pour être enroulé sur une poulie de $0^m,5$ de diamètre quand on veut le transporter. Ce câble a été fabriqué avec beaucoup d'intelligence et de soin dans les ateliers de MM. Rattier et compagnie, sous la direction de M. Barbier, ingénieur, attaché à cet établissement. Chaque couple a été essayé séparément, pour être bien certain que les soudures étaient bien faites et donnaient les mêmes températures dans les mêmes conditions que des thermomètres ordinaires placés à côté, sans quoi les déterminations de température n'eussent pas été comparables entre elles. Ce câble était inaltérable dans l'eau.

Descente et consolidation du câble dans le puits foré.

Cette opération, sur laquelle reposait le succès des observations, demandait une préparation préalable très-délicate, afin que le câble ne fût pas en contact avec l'eau et pût rester intact pendant un très-grand nombre d'années; j'en ai chargé M. Dru, qui avait foré le puits, et auquel je dois des remercîments pour l'habileté et l'adresse avec lesquelles il s'en est acquitté. Le câble, fig. 4, pl. I, a été introduit dans un mât de sapin dur, de 11 centimètres de diamètre, disposé comme il suit: on a commencé par diviser ce mât en seize parties de 2 mètres de longueur, chacune d'elles a été sciée longitudinalement en deux parties égales, lesquelles ont

été évidées au centre de manière à former un cylindre creux de 3 centimètres et demi, destiné à recevoir le câble; l'intérieur et l'extérieur ont été goudronnés à chaud à diverses reprises. Le câble ayant été tendu verticalement au moyen d'un chevalet et d'une poulie ayant un diamètre convenable, on a commencé par renfermer la partie inférieure du câble dans l'intérieur d'une des portions de mât, mais de manière que l'une des parties ne fût recouverte que par la moitié de l'autre, comme on le voit pl. II, fig. 7. L'intérieur avait été rempli d'étoupes goudronnées, afin qu'en rapprochant les parties qui étaient jointives, le câble fût pressé fortement; des vis en cuivre et des anneaux de même métal, de $0^m,075$ de largeur, fixés également avec des vis, tenaient jointes toutes les parties. Les anneaux de cuivre masquaient les jointures transversales. Les fentes furent calfatées à la manière des vaisseaux, et le tout recouvert d'une forte couche de goudron appliquée bouillant. Cette opération faite, on descendait $1^m,5$ du câble, et on en préparait une autre portion comme je viens de le dire, de sorte qu'une des portions du mât était solidement reliée à la portion suivante : ainsi de suite, jusqu'à la fin. Les portions avaient été tellement bien travaillées et ajustées, qu'on avait un mât très-droit de 11 centimètres de diamètre et de de 36 mètres de longueur, sans la couche de goudron; ce mât a été descendu dans le tube de fer de 13 centimètres de diamètre, sans éprouver le moindre frottement. La figure 2, pl. I, indique l'agencement des parties et le mât en place. La figure donne la projection et la coupe des portions du mât. La première soudure, la soudure inférieure, était placée dans un bout de mât évidé intérieurement et non fendu longitudinalement. A l'extrémité

inférieure de ce bout avait été adaptée une pièce en fer, tournée en tire-bouchon, pour que le mât pût être fixé dans l'argile au moyen du poids du mât. Avec toutes ces précautions, on pouvait considérer ce mât comme devant être étanche, c'est-à-dire ne pouvant pas être pénétré par l'eau, mais on ne s'en est pas tenu là, comme on va le voir; on a descendu dans le puits, au-dessus du trou foré, une caisse en bois de sapin, fig. 2, pl. II, ayant une section carrée de 25 centimètres de côté, et au milieu de laquelle s'est trouvé placé le mât. Cette caisse, qui avait $11^{m},2$ de long, était destinée à empêcher la terre de tomber dans le puits foré, ou du moins dans l'espace compris entre le puits et la paroi de ce trou, quand on a comblé le puits de l'administration. Le tube en fer introduit pour l'opération du sondage a été retiré, non sans quelque difficulté, à cause de la pression exercée par l'argile plastique, qui, se tassant peu à peu, a exigé l'emploi d'un cric. Ce tassement a été cause que le mât lui-même a été soumis à une forte pression, qui a dû faire remonter l'eau, de sorte que le mât et par suite le câble ont été là dans la même situation que s'ils eussent été introduits directement dans l'argile, sur une longueur de $12^{m},57$. La fig. 1, pl. II, montre le mât en place.

Le puits, en dehors de la caisse, ayant été comblé avec du sable terreux, on a coulé dans la caisse, qui était plongée dans l'eau sur une hauteur de $1^{m},36$, du béton de Portland très-liquide, qui a dû s'introduire jusqu'à l'argile, dans l'intervalle compris entre le mât et la paroi du puits foré. Après avoir introduit ainsi 700 kilogrammes de béton, douze heures après, le béton étant encore pâteux, on a jeté dans la caisse du sable fin, jusqu'à ce que tout devînt solide;

après quoi on a versé dans la caisse, au-dessus de la partie solidifiée, 200 kilogrammes de béton gâché liquide, qui ont pris assez promptement, jusqu'à 1 mètre en contre-bas du sol. On a couché et enterré ensuite dans une fosse de même profondeur le câble, renfermé dans des tuyaux de grès, dont les joints ont été cimentés avec du plâtre, après quoi on l'a fait passer verticalement dans d'autres tuyaux de grès, de 15 centimètres, également cimentés, et appliqués sur la face sud-est d'un mur, afin de l'introduire, au travers du mur, dans la pièce où étaient disposés, sur des tablettes scellées dans le mur, le galvanomètre et le magnétomètre, le réfrigérant et son soufflet, et tous les accessoires indispensables aux observations, le tout disposé comme on le voit dans la figure 1 *bis*, pl. I, et dont je vais donner la description.

Dans le but de faciliter les observations, les divers couples qui composent le câble ainsi que le câble indépendant ont été séparés sur une longueur de plusieurs décimètres, les fils de cuivre et de fer de chaque couple disposés comme il suit : au moyen de vis de pression, seize pinces, huit en cuivre, huit en fer, ont été fixées sur une tablette; dans chacune d'elles on a pratiqué des ouvertures, dont l'une est destinée à recevoir le bout du fil de cuivre, ou de fer, d'un des couples du câble, et l'autre extrémité du fil de même métal appartenant au couple dont la soudure est placée dans l'appareil réfrigérant ou l'appareil échauffant. Le galvanomètre ou le magnétomètre est introduit dans le circuit au moyen de fils adjonctifs en cuivre et de pinces portatives recouvertes de gutta-percha, pour éviter l'échauffement de la main quand on les touche. La tablette est scellée dans le mur près du réfrigérant, comme on le voit fig. 1, pl. I; l'appareil

réfrigérant ou échauffant se compose d'un tube de verre *t* de $0^m,6$ au moins de diamètre, rempli à moitié de mercure et dans lequel on introduit la soudure libre et le thermomètre T divisé en dixième de degré. Ce tube plonge lui-même dans une éprouvette E remplie d'éther, que l'on vaporise en y insufflant de l'air au moyen d'une soufflerie S quand il s'agit de la refroidir, ou qu'on le chauffe lorsque l'on veut élever la température de la soudure; la température de la main suffit dans la plupart des cas. Pour maintenir longtemps le zéro, il faut que la colonne de mercure s'élève dans l'éprouvette jusque vers le degré que l'on observe, et que l'éprouvette soit remplie d'éther jusqu'au niveau du mercure.

Je dois indiquer les précautions à prendre, dans les observations, pour avoir des déterminations exactes. Le principe général du procédé est d'introduire, comme on l'a déjà dit, dans un circuit composé d'un fil de cuivre et d'un fil de fer, ayant par conséquent deux soudures, un galvanomètre gardant parfaitement le zéro, ou bien un magnétomètre, condition indispensable, car si, dans le cours d'une observation, il venait à changer, la température observée serait fausse. Il faut en outre avoir l'attention d'élever le mercure à une température ne différant que de un degré environ et même moins de celle que l'on veut déterminer, afin que la déviation de l'aiguille aimantée soit la plus faible possible, condition nécessaire pour que l'aiguille aimantée revienne à zéro. En opérant ainsi, le fil de soie éprouve une faible torsion, et son élasticité est moins modifiée. L'une des soudures étant dans le lieu dont on veut avoir la température et l'autre dans le tube rempli de mercure dont on élève ou l'on abaisse la température selon qu'elle

est plus basse ou plus élevée que celle que l'on cherche, on conçoit que le thermomètre qui plonge dans le mercure, ne s'échauffant et ne refroidissant pas aussi vite que la soudure, il est indispensable de maintenir pendant une minute environ l'aiguille aimantée au zéro, pour que l'équilibre de température puisse s'établir. On y parvient, comme je l'ai dit plus haut, en opérant avec de grandes masses de mercure et d'éther, pour qu'un refroidissement ou un échauffement graduel soit très-lent. Pendant l'échauffement ou le refroidissement, il faut remuer continuellement avec un agitateur le mercure pour établir l'équilibre de température dans toutes les parties.

Je dois signaler un moyen de contrôle direct quand on suppose que deux couches terrestres, où il y a deux soudures, ont la même température. On réunit les deux circuits correspondant à ces soudures en un seul, en dirigeant les deux courants en sens inverse et y plaçant le galvanomètre. Il faut, pour cela, mettre en communication les deux extrémités libres des fils de fer et mettre en relation les deux extrémités libres des fils de cuivre avec le galvanomètre. Les deux courants thermo-électriques, étant dirigés en sens inverse, se détruisent s'ils sont égaux, et alors l'aiguille aimantée reste à zéro; s'ils ne le sont pas, la déviation peut servir à trouver la différence entre les deux températures.

Des observations.

Avant de descendre le câble dans le puits foré, on a mesuré la température de l'eau à 36 mètres au fond et à 18 mètres, avec plusieurs thermomètres à maxima et à dé-

versement et autres, qui ont été renfermés dans des enveloppes de verre scellées pour éviter les erreurs résultant de la compression :

5 avril. — 1re série. Deux thermomètres à maxima ont donné, après correction du zéro à 36 mètres :

1°	12°,30
2°	12°,10
Moyenne.	12°,20

7 avril. — 2e série. Thermomètres Doulcet, à 36 mètres :

1°	12°,40
2°	12°,35
Moyenne.	12°,37

Mêmes thermomètres, descendus à 18 mètres :

1°	11°,95
2°	11°,92
Moyenne.	11°,93

11 avril. — 3e série. Thermomètres Doulcet, descendus à 36 mètres :

1°	12°,31
2°	12°,20
3°	12°,23
Moyenne.	12°,25

Mêmes thermomètres, descendus à 18 mètres :

1°	11°,88
2°	11°,84
Moyenne.	11°,86

On voit, par ces résultats, que les divers thermomètres à maxima ont donné, pour la température de l'eau à 36 mètres au fond du puits et à 18 mètres, les nombres suivants :

A 36 mètres, la température de l'eau est comprise entre 12°,20 et 12°,37 : moyenne, 12°,29;

A 18 mètres, 11°,86 et 11°,93 : moyenne, 11°,89.

Le thermomètre électrique, quinze jours après la descente du câble, a donné les résultats suivants, en relevant successivement la température de chacune des sept soudures :

MOIS.	1re SOUDURE à 36m AU-DESSOUS.	2e SOUDURE à 31m AU-DESSOUS.	3e SOUDURE à 26m AU-DESSOUS.	4e SOUDURE à 21m AU-DESSOUS.	5e SOUDURE à 16m AU-DESSOUS.	6e SOUDURE à 11m AU-DESSOUS.	7e SOUDURE à 6m AU-DESSOUS.
31 MAI.							
1°	12°5	12°30	12°50	12°3	12°2	13°0	11°80
2	12,6	12,40	12,50	12,2	12,2	13,0	11,70
3	12,4	12,30	12,50	12,2	12,3	13,1	11,75
4	12,4	12,30	12,50	12,1	12,2	13,0	»
5	12,4	12,30	12,50	12,2	12,1	»	»
6	12,4	12,30	12,40	12,2	12,2	»	»
7	12,5	12,30	12,40	12,2	12,2	»	»
Moyennes.	12,46	12,30	12,47	12,20	12,20	13,03	11,75
JUIN.							
1	12,50	12,30	12,50	12,20	12,20	13,0	11,70
2	12,50	12,30	12,50	12,20	12,20	13,0	11,75
3	»	»	»	»	»	»	»
4	»	»	12,50	12,20	12,20	13,10	»
5	»	»	»	»	»	»	»
6	»	»	»	»	»	»	»
7	12,50	12,30	12,50	12,20	»	12,90	11,70
8	12,50	12,30	12,50	12,25	»	12,90	11,70
9	12,50	12,30	12,50	12,20	»	12,90	11,70
10	12,50	12,30	12,50	12,20	»	13,90	11,70
11	12,50	12,30	12,50	12,10	12,20	13,00	11,70
12	12,50	12,35	12,50	12,20	12,20	13,00	11,80
13	12,50	12,35	12,50	12,20	12,20	13,00	11,90
14	12,50	12,30	12,60	»	»	13,0	11,90
15	12,50	12,30	12,60	12,20	12,20	13,10	11,90
Moyennes...	12,50	12,30	12,50	12,20	12,20	13,0	11,77

Ces résultats montrent que la température de l'argile plastique à 36 mètres au-dessous du sol, et non celle de l'eau provenant de la formation calcaire au moment de l'observation, est de 12°,50 environ, et supérieure seulement de 0°,21 à celle de l'eau mesurée à la même profondeur avec les thermomètres à maxima peu après la cessation des travaux de sondage.

A 31 mètres dans l'argile plastique également, 5 mètres au-dessus, on a trouvé 12°,30 : diminution, 0°,2; 26 mètres de 12°,50, on peut donc admettre que de 26 mètres à 36 la température est constante, car la différence en moins 0°,20, trouvée à la profondeur de 31 mètres, peut être attribuée à des causes accidentelles qu'on n'a pas aperçues et que la suite des observations fera connaître probablement.

De 21 à 16 mètres, dans les marnes calcaires et le calcaire, la température est également constante, et égale à 12°,20. La température a donc augmenté de 0°,2 en passant du calcaire dans l'argile plastique.

Les couches de terrain supérieures, participent plus ou moins des variations mensuelles ou annuelles de l'air à la surface du sol. On a trouvé à 11 mètres, 13° et à 6 mètres environ 11°,77.

La température de 26 mètres à 36 mètres paraît constante, sans aucun doute, dans le moment actuel, mais on ne connaît pas l'épaisseur de la couche où elle reste à 12°,50, puisque le sondage n'a pas été poussé au-delà de cette profondeur.

Cette température de la couche invariable dans l'argile plastique à 28 mètres n'est pas la même que celle du calcaire grossier dans les caves de l'Observatoire à la même

profondeur, puisqu'elle est de 11°,70 dans cette dernière localité, au lieu de 12°,50 dans l'autre. Dans une autre localité, où la formation calcaire a plus d'épaisseur qu'au Jardin des plantes, la couche invariable ne s'y trouve plus à la même profondeur; il en sera de même dans l'argile plastique, selon que cette formation a plus ou moins d'épaisseur.

Pour se faire une idée de la position de la couche invariable suivant les terrains, je vais donner les coupes de terrain obtenues dans le forage de plusieurs puits exécuté dans les environs de Paris, avec les températures observées à différentes profondeurs. Je commencerai par celui de la plaine de Grenelle, à l'endroit où l'on a creusé un puits foré, à l'Abattoir. En regard des côtés de terrains, on trouvera les déterminations très-exactes de température, faites par MM. Arago et Walferdin avec le thermomètre à déversement. Cette coupe a été prise dans le troisième volume des *Notices scientifiques* d'Arago, p. 426. A Grenelle, l'argile plastique commence à $11^{m},7$, et au Jardin des plantes, à $23^{m},80$. La couche invariable, dans les deux stations, se trouve donc dans l'argile plastique, puisque l'influence solaire, ou du moins la variation annuelle, se fait sentir, dit-on, dans les couches terrestres jusqu'à 23 ou 24 mètres. Au delà, on n'a plus à craindre les variations annuelles dues au rayonnement solaire.

PLAINE DE GRENELLE.

Terrains	Étage	NATURE DES TERRAINS TRAVERSÉS.	PROFONDEUR.	ÉPAISSEUR.	TEMPÉRATURE.	OBSERVATIONS.
			m.	m.		
		Terrain d'atterrissement.	0.00	9.65		Le terrain d'atterrissement a $9^{m},65$ d'épaisseur.
	CALCAIRE GROSSIER.	Calcaire chlorite.	9.65	0.85		
TERRAINS TERTIAIRES.	CALCAIRE GROSSIER.	Sable jaune ferrugineux.	10.50	1.21		
TERRAINS TERTIAIRES.		Argile bleue sableuse et lignites.	11.71	1.46		
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Argile bleue et pyrites de fer.	13.17	8.01		L'eau s'est rencontrée dans les sables à $7^{m},50$. Marne chloritée, de $0^{m},85$, est la fin du calcaire grossier. On trouve dans ce terrain une deuxième nappe d'eau, dont le niveau s'est maintenu à $10^{m},30$ du sol.
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Sable quartzeux et fer sulfure.	21.18	4.15		
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Sable argileux.	25.33	1.00		
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Argile panachee.	26.33	3.37		
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Argile crayeuse.	29.70	6.03		Le passage du terrain tertiaire au terrain secondaire est composé de sable argilo-calcaire plus ou moins foncé, renfermant des nodules de craie dure, empâtée de débris argileux.
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Argile avec nodules de calcaire.	35.73	2.51		
TERRAINS TERTIAIRES.	ARGILE PLASTIQUE.	Marne sableuse et nodules.	38.24	2.39		
	ARGILE PLASTIQUE.	Sable argilo-calcaire.	40.63	0.91		
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE BLANCHE.	Craie blanche avec silex pyromaques noirs en rognons, espacés de 2 à 3^{m}.	41.54			La craie, qui commence à $41^{m},54$, d'abord très-friable, alterne bientôt avec des silex pyromaques en rognons, dont les bancs sont espacés de 2 à 3^{m}.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE BLANCHE.	Dans la partie supérieure de la craie, 1° par $24^{m},39$.	66	116.51	12°.9	A $126^{m},91$. banc de silex.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE BLANCHE.	Roches dolomitiques très-dures, au nombre de huit, séparees par des bancs de craie grise et dure, renfermant des silex pulvérisés et des parcelles de mica.	157.85	33.54		De 66 à 173^{m}, ou pour 107, 1° par $37^{m},28$. Puits foré à l'École militaire.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE BLANCHE.		173		16°.40	A 221^{m}, la craie devient plus compacte ; elle renferme des lits de silex plus ou moins éloignés, très-difficiles à percer.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE BLANCHE.	Craie blanche avec silex en rognons.	191.29	87 96		De 173 à 350^{m}, il y a accroissement de 1° pour $21^{m},41$. Les eaux doivent pénétrer difficilement dans ces terrains.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE BLANCHE.	Silex en banc solide.	250		20°.00	
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE GRISE.	Craie grise, avec silex de plus en plus éloignés.	298	39.42	22°.20	A $279^{m},25$, la craie est grise et dure. Accroissement de 1° pour $21^{m},81$.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE GRISE.	Silex très-rapprochés et craie.	318.67	1.88		
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE GRISE.	Craie grise avec silex.	320.55	16.23		
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE GRISE.	Craie grise	336.78			A 400^{m}, craie grise et dure.
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE GRISE.	Il y a plus de silex dans cette partie de la craie ; mais la silice qui s'y trouve disséminée la rend très-dure.	400	129 02	23°.75	
TERRAINS SECONDAIRES.	CRAIE GRISE.	Craie verte chloritée avec roche siliceuse très-dure.	465.80	3.95		A $430^{m},50$, on a trouvé des pyrites ; la craie est un peu plus argileuse. Accroissement de 1° pour $65^{m},8$.
TERRAINS SECONDAIRES.	ARGILE GAULT.	Craie bleue, avec des couches très-dures dans peu d'épaisseur.				
TERRAINS SECONDAIRES.	ARGILE GAULT.	Elle devient de plus en plus argileuse et contient, dans ses bancs inférieurs, des pyrites de fer.	469.75	36.20		
TERRAINS SECONDAIRES.	ARGILE GAULT.	Argile brune micacée, renfermant des pyrites de fer, des nodules de chaux phosphatée et de nombreuses coquilles fossiles, telles que mytiloïdes, ammonites Bucklandii.	505.95		26°.43	A 505^{m}, l'argile, qui était jusque alors dure et solide, devint coulante.
TERRAINS SECONDAIRES.	ARGILE GAULT.			39.87		Accroissement de 1° pour $39^{m},55$.
TERRAINS SECONDAIRES.	ARGILE GAULT.	Argile et gros grains de quartz.	545.82			
TERRAINS SECONDAIRES.	ARGILE GAULT.	Sable vert argileux, puis sable quartzeux, dans lequel est l'eau.	546.51 548.00	0.69 1 49	27°.70	Accroissement de 1° pour $33^{m},07$.

Cette coupe des terrains de la plaine de Grenelle diffère de celle du Jardin des plantes, en ce que dans la première localité le terrain d'atterrissement a $9^{m},65$ d'épaisseur et le calcaire $0^{m},85$, tandis que, dans l'autre, le terrain d'atterrissement n'a qu'environ 6 mètres, et le calcaire, en y comprenant les marnes, $17^{m},80$.

On trouvera dans le tableau suivant la comparaison des diverses couches du terrain tertiaire parisien à l'Observatoire de Paris, à la gare de Saint-Ouen et à Maisons-Alfort, sous le rapport de la profondeur au-dessous du sol et de l'épaisseur des couches.

	PROFONDEUR.	ÉPAISSEUR.
OBSERVATOIRE DE PARIS.		
Terrain diluvien	0 m.	3,20 m.
Sable	3,20	0,55
Marne du calcaire	3,75	20,05
Calcaire grossier	23,80	14,72
Argile plastique	38,52	25,74
Craie	64,26	»
GARE SAINT-OUEN.		
Terrain de transport	0 m.	7,50 m.
Sable moyen	7,50	7,50
Calcaire grossier	15,00	4,00
Argile plastique	61,00	5,00
Sable à gros grains de diverses couleurs	66,00	18,54
MAISONS-ALFORT.		
Terrain de transport	0 m.	4,00 m.
Calcaire grossier	4,00	33,00
Argile plastique	37,00	20,00
Craie	»	57,00

La discussion des résultats consignés dans les quatre tableaux précédents conduit à cette conséquence, que la distribution de la chaleur, dans les différents terrains d'une

même localité, ne suit aucune loi quand on fait abstraction de leur nature, attendu que le nombre de mètres dont il faut descendre au-dessous de la couche invariable pour avoir une élévation de température d'un degré varie du simple au triple, suivant la nature des terrains. Ce fait est mis hors de doute par les relevés de température consignés dans la couche des terrains de la plaine de Grenelle.

Dans l'argile plastique, depuis 26 mètres jusqu'à 36 mètres, la température est constante. Le sondage n'ayant été poussé que jusqu'à $36^{m},6$, on ignore si cette température n'est pas stationnaire plus bas. Quoi qu'il en soit, on a déjà une donnée sur la profondeur et l'épaisseur d'une couche à température invariable dans l'argile plastique à l'époque de l'observation.

La craie commence à $41^{m},54$; on a d'abord une couche de craie blanche avec silex pyromaque noir en rognons, d'une épaisseur de $116^{m},51$ à 66; c'est-à-dire à un peu plus de moitié de l'épaisseur de cette couche. La température est de $12^{o},9$, ce qui donne un accroissement de 1° par 66,6 mètres, de 66 mètres à 173 dans la craie avec silex pyromaques noirs en rognons très-durs espacés de 2 mètres à 2 mètres et des roches dolomitiques très-dures séparées par des bancs de craie grise et dure; l'accroissement est de 1° par $37^{m},28$.

De 173 mètres à 250 mètres au travers du dernier terrain et d'une craie plus compacte et qui renferme des lits de cailloux plus ou moins éloignés, l'accroissement est de 1° pour $21^{m},4$. Jusqu'à $279^{m},25$, dans une craie grise et dure, l'accroissement est le même 1° pour $21^{m},81$.

De 298 mètres à 400 mètres dans la craie grise très-dure, l'accroissement est de 1° pour $65^{m},8$.

De 400 à 505,95 dans la partie inférieure de la même craie et une argile bleue également très-dure, l'accroissement n'est plus que de 1° pour $39^{m},55$; enfin de 505,95 jusqu'à 548 dans des argiles et le sable vert, il est de 1° pour $33^{m},07$. On voit donc que dans le terrain tertiaire parisien, depuis le sol jusqu'à 548 mètres au-dessous pour obtenir un degré d'accroissement de température, il faut descendre successivement suivant les couches de terrain.

1° pour

	m.
1°	66,66
2°	37,28
3°	21,40
4°	21,81
5°	65,80
6°	39,50
7°	33,07

Les différences varient donc de 21,4 à $66^{m},66$; c'est-à-dire de 1 : 3 environ.

La planche II, fig. 3, 4, 5, 6, représente les profils des coupes de terrain à Grenelle, à la gare Saint-Ouen, à Maisons-Alfort et au Jardin des plantes avec les températures observées à des profondeurs plus ou moins considérables; les abscisses représentent les profondeurs; les ordonnées les températures. Ces profils mettent bien en évidence trois points : 1° le manque d'uniformité dans la courbe des températures, et par suite dans la distribution de la température dans les diverses formations; 2° la couche invariable ne se trouve pas à la même profondeur dans les différents terrains et n'a pas la même température; 3° à la même profondeur, la température n'est pas toujours la même.

La température de 36 mètres à 26 mètres est donc invariable à cette époque-ci, et si à 31 mètres on trouve une différence en moins de 0°,15 à 0°,2, cela tient à des causes accidentelles que l'on n'aperçoit pas encore. Ces résultats ont été contrôlés en réunissant et opposant l'un à l'autre les circuits 1 et 2, 1 et 3, 2 et 3.

De 16 mètres à 36 mètres pour une profondeur de 20 mètres, dont 8 mètres dans le calcaire et les marnes, et 12 mètres dans l'argile plastique, l'accroissement n'a été que de 0°,25, et dans l'argile il a été nul.

A 28 mètres dans l'argile plastique au Jardin des plantes, la température est de 12°,50, tandis que celle du calcaire ou du moins celle de l'air, dans les caves de l'Observatoire à la même profondeur, n'est que de 11°,70; différence 0°,80 en faveur de l'argile plastique.

Dans une autre localité où la formation calcaire a plus d'épaisseur, la couche invariable ne s'y trouve plus à la même profondeur; il en est de même dans l'argile plastique.

A la gare Saint-Ouen, dans du sable à gros grains et 13 mètres plus bas que le fond du puits foré du Jardin des plantes, on n'a trouvé que 12°,9, et à Maisons-Alfort, 14° à 54 mètres.

On voit par là 1° que, sans sortir du bassin tertiaire de Paris, la couche invariable n'est pas partout à la même profondeur, et qu'il est possible de déterminer rigoureusement la marche de la propagation de la chaleur dans les couches inférieures du sol et la position exacte de la couche invariable.

L'établissement d'un thermomètre électrique dans un puits foré à 36 mètres de profondeur, soustrait au contact de

l'eau, présentant une longue durée et que l'on peut considérer comme un spécimen pour diverses localités, n'a pu être exécuté sans quelque dépense; les fonds nécessaires pour l'acquittement ont été alloués par le ministre de l'instruction publique sur la demande qui lui en a été faite par mon ami, M. Chevreul, dont on connaît le dévouement aux progrès des sciences. Je prie donc M. le ministre d'agréer mes remercîments pour son concours bienveillant, sans lequel il ne m'eût pas été possible de mettre à exécution le projet auquel je pensais depuis longtemps et qui n'est pas sans importance pour la physique terrestre.

Il serait à désirer, et je crois en avoir démontré l'utilité, que ce nouveau mode d'observation qui donne des températures à moins de $\frac{1}{10}$ de degré près, fût exécuté jusqu'à 100 ou 200 mètres de profondeur, afin de voir comment la nature du terrain, l'infiltration des eaux, les réactions chimiques et d'autres causes encore influent sur la distribution de la chaleur dans les couches terrestres et quelles sont les modifications qu'elle éprouve avec le temps, distribution dont les effets peuvent réagir sur la température du sol et par suite sur le climat. C'est là une des grandes questions de physique terrestre que l'on puisse se proposer de résoudre, et qui est digne de fixer l'attention.

FIN DU HUITIÈME MÉMOIRE.

MÉMOIRE

SUR LA

DÉCOMPOSITION ÉLECTRO-CHIMIQUE

DES

COMPOSÉS INSOLUBLES.

Dans toutes les recherches électro-chimiques que j'ai entreprises depuis plus de trente ans, je me suis toujours attaché à trouver des faits pouvant servir à mettre en évidence des principes ou des lois. Le nouveau travail dont je vais avoir l'honneur d'entretenir l'Académie rentre dans ce cercle d'idées.

Les décompositions électro-chimiques suivirent de près la découverte de la pile; elles commencèrent par celle de l'eau, qui est due à Nicholson et Carlisle, puis vinrent la décomposition des sels, etc. Les produits obtenus, en employant des appareils formés d'un grand nombre de cou-

ples pour décomposer l'eau dans des vases de verre, firent naître une foule de suppositions plus erronées les unes que les autres sur la formation des produits qui en résultaient. Davy envisagea la question sous son véritable point de vue, en écartant successivement toutes les causes qui concouraient à la formation des produits secondaires. On trouve dans son remarquable Mémoire de 1806 (*Annales de chimie*, t. LXIII, p. 172 et suivantes) l'ensemble des recherches qu'il fit à cet égard.

Il annonça d'abord qu'un courant électrique, provenant d'une pile composée de 150 éléments et qui traverse, au moyen de deux lames d'or, de l'eau distillée contenue dans deux vases formés d'une substance insoluble et communiquant ensemble au moyen d'une mèche de coton ou d'asbeste préalablement lavée dans de l'eau acidulée par l'acide nitrique, jouissait de la propriété d'enlever à cette substance les acides et les alcalis qui entraient dans sa composition; les acides devenaient libres dans le vase positif, les alcalis et les terres dans le vase négatif. En opérant avec deux vases de verre, Davy obtint de la soude du côté négatif, et une dissolution d'or de l'autre côté, resultats dus à la présence du chlorure de sodium dans le verre. Avec deux vases de marbre de Carrare, il recueillit de la soude et de la chaux dans le vase négatif, de l'acide chlorhydrique et de l'acide carbonique dans l'autre vase. La plupart des substances soumises à l'expérience donnèrent de l'acide chlorhydrique et de la soude. Davy en tira la conséquence que la plus grande partie des minéraux contenant du chlorure de sodium avaient dû être immergés dans l'eau de mer, conséquence à laquelle conduisent également les

essais d'analyse faits au spectromètre. Dans la décomposition de l'eau distillée, avec deux lames de platine, il se formait de l'acide nitrique du côté positif et de l'ammoniaque de l'autre côté, par suite de la réaction de l'oxygène et de l'hydrogène à l'état naissant sur les principes constituants de l'air contenu dans l'eau.

M. Chevreul trouva en 1808 (*Journal de physique*, t. LXVI) qu'une hornblende schisteuse des départements de l'ouest de la France, dont il avait fait l'analyse, donnait, ainsi que d'autres minéraux, des traces d'alcali et d'acide chlorhydrique, qui ne faisaient point partie de la composition de tous ces corps. Il rappela aussi que Bayen avait signalé l'existence du sel marin dans les serpentines.

MM. Al. Brongniart et Malaguti firent deux séries d'expériences sur la décomposition du feld-spath au moyen de l'électricité (*Arch. du Muséum*, t. II, p. 284), en employant 1° une pile de 250 éléments de 55 millièmes carrés; 2° une pile de 300, à sulfate de cuivre, en soumettant à l'expérience chaque fois 5 grammes de matière, et prenant pour fermer le circuit une très-faible dissolution de sel ammoniac; ils trouvèrent en moins de 6 heures que $0^{gr.},098$ de feld-spath avaient été décomposés en $0^{gr.},030$ d'alumine et potasse qui se trouvaient dissous dans ce liquide, et en $0^{gr.},068$ de silice restés en mélange.

Ils décomposèrent $0^{gr.},159$ de feld-spath en $0^{gr.},054$ d'alumine et de potasse qui se trouvèrent dans le liquide, et $0^{gr.}105$ de silice dans le résidu.

Ils soumirent ensuite la substance à un très-faible courant, dans un tube en U, en la recouvrant d'eau distillée. Ils suspendirent dans une des colonnes liquides une lame de

cuivre, et dans l'autre une petite lame de zinc; ces deux lames furent mises en communication avec un fil métallique. Quinze jours après, on vit que la colonne zinc était trouble et l'autre était restée limpide ; au bout de deux ans, le liquide cuivre était fortement alcalin, faisait effervescence avec les acides et contenait du carbonate de potasse ; l'action devait être suspendue depuis longtemps; la lame de zinc était complétement recouverte d'une matière grenue et dure qui dut empêcher l'action de se prolonger; le liquide zinc était neutre, et la matière blanche qui adhérait en partie aux parois, sous la forme d'une croûte granuleuse, était complétement trouble dans une solution alcaline; c'était un mélange de silice et d'alumine.

MM. Alexandre Brongniart et Malaguti décomposèrent plus tard le feld-spath avec des piles de 250 et 300 couples à sulfate de cuivre; dans une expérience où ils opérèrent sur 5 gr. de matière, ils décomposèrent, en moins de 6 heures, un décigramme de feld-spath.

Dans toutes ces expériences, la couche de liquide adhérant aux substances insolubles par l'affinité capillaire forme une couche infiniment mince dont l'état moléculaire diffère de celui du liquide adjacent et qui se polarise pendant le passage du courant. La quantité d'électricité qui passe dans cette couche doit être excessivement faible. Il est probable que cette couche sert d'électrode positive ou négative, suivant le sens du courant, et agit d'autant mieux sur la substance qu'elle exerce déjà sur elle une action attractive. L'action néanmoins est très-faible, en raison même de la très-petite quantité d'électricité qui glisse le long de la surface. En s'en tenant à ce mode d'expérimentation, les effets sont donc très-bornés.

Quand les électrodes sont en contact avec la substance, on obtient dans un grand nombre de cas, avec des piles composées de 10, 20, 30 couples, des effets beaucoup plus marqués que les précédents; mais alors l'électricité agit, non directement, mais par une action indirecte. Ce contact joue un grand rôle en électro-chimie, comme on va le voir. L'eau étant décomposée, ainsi que les substances qu'elle tient en dissolution, l'oxygène et les acides du côté positif, l'hydrogène et les bases du côté négatif sont à l'état naissant, à l'instant où ils deviennent libres; dès lors, tous ces éléments, par suite du contact, agissent énergiquement sur les parties constituantes de la substance soumise à l'expérience, dans les points seulement où le contact a lieu, car au delà l'état naissant n'existe plus.

Dans les réactions qui ont lieu, l'oxygène oxyde, l'hydrogène réduit, les bases et les acides forment des combinaisons. Quand toutes ces réactions ont lieu, la substance insoluble finit par être décomposée.

Ces effets ne sont produits toutefois, je le répète, qu'autant qu'il y a contact entre cette matière et les électrodes; nous verrons plus loin les conséquences à en tirer relativement aux actions lentes dans la nature.

Au surplus, le mode d'action que j'indique est du même genre, mais plus énergique, vu l'état naissant, que celui qui a lieu quand on fait passer un courant de gaz hydrogène dans un tube de porcelaine chauffé au rouge où se trouve un oxyde ou un sulfure métallique plus ou moins réductible; il y a réduction de l'oxyde avec formation d'eau ou de gaz sulfhydrique. Il n'est question ici, bien entendu, que du mode d'action de l'électricité sur les substances tout à fait in-

solubles, car si elles sont très-peu solubles, comme le sulfate de chaux et le carbonate de la même base, quand l'eau contient une petite quantité de gaz acide carbonique, ce qui a toujours lieu quand elle est au contact de l'air, la décomposition électro-chimique s'effectue alors suivant les lois connues.

L'électricité n'intervenant, dans la décomposition des substances insolubles, lorsque le contact a lieu, qu'en vertu d'actions secondaires, la somme d'effets produits dépend donc de l'intensité du courant, c'est-à-dire de la quantité d'électricité qui passe dans un temps donné. Il n'y a donc de différence, entre les actions produites avec une pile composée d'un grand nombre de couples et celles résultant d'un petit nombre, toutes choses égales d'ailleurs, que celle qui résulte de la plus ou moins grande quantité d'électricité qui circule dans le même temps.

En employant de l'eau distillée pour transmettre l'électricité et fournir de l'oxygène et de l'hydrogène à l'état naissant, il faut alors, pour vaincre sa résistance qui est très-grande, se servir de piles formées d'un grand nombre de couples, tandis que cela n'est pas nécessaire, quand l'eau tient en dissolution un acide, un sel ou un alcali, qui aide quelquefois à la décomposition, surtout les éléments du sel à l'instant où ils sont à l'état naissant. Le mode d'action que j'indique ne s'applique pas à toutes les substances insolubles; il en est un grand nombre qui n'en reçoivent aucun effet.

J'arrive maintenant aux expériences :

Lorsqu'on soumet à l'action d'un courant fourni par une pile de moins de cinquante couples à sulfate de cuivre au moyen de deux lames de platine, d'eau distillée conte-

nue dans deux vases de verre communiquant ensemble avec une mèche d'asbeste lavée à chaud, avec de l'acide nitrique, et évitant que les lames ne touchent les parois des deux vases, l'eau est décomposée très-lentement en raison de sa mauvaise conductibilité, sans qu'on observe aucune trace d'acide chlorhydrique ni de soude, dans le vase positif et le vase négatif; mais il n'en est plus de même quand l'une des deux électrodes touche le verre: on trouve alors que le chlorure de sodium qui entre dans la composition du verre a été décomposé et que le verre lui-même, au bout d'un certain temps, a été corrodé aux points de contact avec l'électrode, ce qui annonce une action décomposante assez énergique; c'est le fait observé par Davy.

Pour bien étudier ces effets, il faut disposer l'appareil comme il suit :

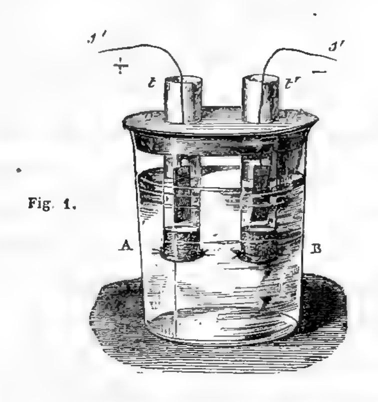


Fig. 1.

A B est un vase de verre rempli d'eau distillée.

t t' deux tubes de verre fermés à leur extrémité inférieure avec de la toile fixée à la paroi avec un fil enroulé et noué, afin d'empêcher les substances solides qu'on y introduit de

tomber dans le vase. On introduit quelquefois dans les deux tubes du kaolin au-dessus de la toile, sur une hauteur de 5 millimètres à 1 centimètre, afin de retarder le plus possible le mélange du liquide du vase avec les liquides des tubes.

On peut recueillir ainsi plus facilement les produits liquides ou solides formés.

Le vase A B est fermé avec un bouchon percé de deux ouvertures O, O' dans lesquelles passent les deux tubes *t t'*.

Il faut avoir l'attention de mettre au-dessus du kaolin du coton cardé, que l'on tasse afin d'empêcher qu'il ne se déplace et ne se mêle ainsi avec les produits de l'électrisation des substances en petits morceaux ou en poudres soumises à l'expérience.

Au lieu d'opérer avec des lames de platine ou de simples fils de ce métal, on peut faire usage de deux spirales, et introduire les deux bouts de fil *a b* et *a b'* dans des tubes de verre, pour que le courant débouche seulement dans le liquide par les spires des deux spirales.

Dans les premiers moments de l'expérience, vu la mauvaise conductibilité de l'eau distillée et la lenteur avec laquelle marche la décomposition électro-chimique, l'endosmose est à peu près nulle, puisque l'hétérogénéité entre les liquides est à peine sensible ; il devient plus facile alors d'étudier la nature des produits liquides formés.

Si l'on veut se mettre tout à fait à l'abri des effets résultant du contact des électrodes et du verre, on fait usage de tubes de platine A, B, d'un petit diamètre fermés par un de leurs bouts et communiquant ensemble au moyen d'une mèche de coton ou d'asbeste lavée dans l'eau acidulée par l'acide nitrique.

Ces tubes, disposés comme on le voit fig. 2, ont l'inconvénient de diffuser trop le courant, qui n'agit plus alors aussi énergiquement que lorsqu'il débouche dans des liquides par de petites surfaces ; aussi n'emploie-t-on cet appareil que lorsqu'on veut agir sur des substances réduites en poussière et qui en remplissent toute la capacité.

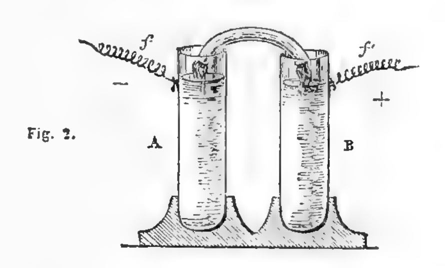


Fig. 2.

Au moyen des dispositions que je viens d'indiquer, il est facile de voir comment agissent l'oxygène, l'hydrogène et d'autres corps à l'état naissant sur des substances insolubles, non-seulement pour les décomposer, mais encore pour retirer quelques-uns des éléments qui entrent dans leur composition.

Prenons d'abord le soufre natif de Sicile en cristaux et parfaitement lavé, afin d'enlever tous les corps étrangers qui adhèrent à sa surface.

On peut encore employer deux capsules en agate communiquant ensemble au moyen d'une mèche de coton ou d'asbeste, du soufre en poussière ou en petits fragments et de l'eau distillée.

La capsule positive doit être de grande dimension, relativement à l'autre, afin que lorsque l'eau de celle-ci s'éva-

pore, elle puisse en prendre à l'autre sans que son niveau change sensiblement.

Quant aux électrodes, il ne faut pas prendre de trop grandes surfaces, afin d'éviter de ne pas diminuer sensiblement l'intensité du courant qui débouche dans le liquide, je me suis servi avec avantage de pinceaux en fils de platine, qui ont un grand nombre de points de contact avec la matière pulvérisée.

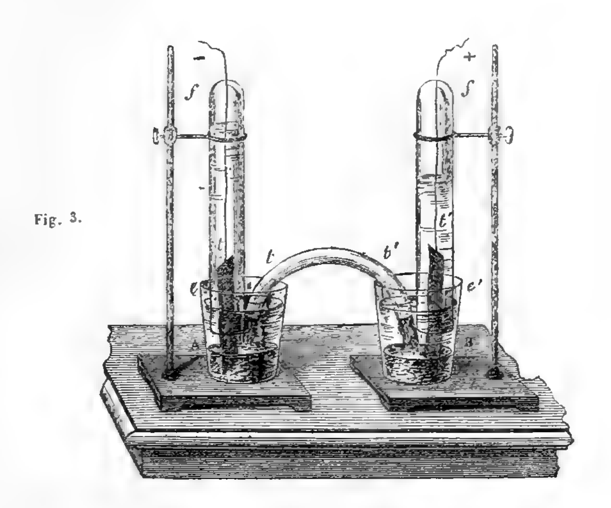
Si les électrodes ne touchent pas au soufre, l'eau seule est décomposée; l'électrode positive touche-t-elle cette substance, il y a production d'acide sulfurique, résultant de la combinaison du soufre avec l'oxygène à l'état naissant; l'action s'accélère de plus en plus au fur et à mesure que l'eau s'acidifiant conduit mieux l'électricité.

Le contact est-il établi, au contraire, avec l'électrode négative, il y a formation dans le tube ou la capsule correspondante d'acide sulfhydrique, de sulfhydrate de soude, de chaux et quelquefois même de strontiane; du côté positif, on trouve de l'acide sulfurique avec précipitation de soufre, effets dus à l'action de l'acide sulfurique sur les sulfhydrates qui ont passé peu à peu du côté positif.

Si les deux électrodes se trouvent dans le même vase et en contact avec le soufre, les produits formés réagissent les uns sur les autres, et en définitive on obtient de l'acide sulfurique, du soufre précipité et de petites quantités de sulfate de soude et de chaux et même de strontiane.

Les combinaisons de soufre donnent des résultats analogues; je prendrai d'abord le sulfure de carbone : ce composé, qui est un des plus mauvais conducteurs liquides de l'électricité que l'on connaisse, se prête très-bien à la décompo-

sition électro-chimique. Quoiqu'il soit insoluble dans l'eau, il s'y trouve néanmoins en suspension en parties très-ténues, qui lui communiquent son odeur caractéristique et en d'autant plus grandes proportions que la température est plus élevée. Cette extrême division du sulfure de carbone dans l'eau facilite singulièrement la décomposition, attendu que les deux électrodes sont constamment en contact avec du sulfure de carbone dans un grand état de division, en présence de l'eau, état très-favorable à l'action décomposante du courant. Il se produit, du côté positif, de l'acide sulfurique et de l'acide carbonique ; du côté négatif, de l'acide sulfhydrique, de l'hydrogène carboné, ainsi que des sulfhydrates, dont les bases sont fournies par les vases ou par la réaction de l'hydrogène à l'état naissant. On recueille ces gaz en disposant l'appareil comme il suit, fig. 3 :


Fig. 3.

A, B sont deux vases en verre d'un décilitre de capacité,

remplis d'eau distillée et au fond desquels on met du sulfure de carbone. On y adapte deux éprouvettes dans lesquelles passent deux fils de platine f, f', à l'extrémité inférieure desquels se trouvent deux lames de platine $l\,l'$; ces éprouvettes sont destinées à recueillir les gaz dégagés sur les lames ; $t\ t'$ est un tube recourbé dans lequel passe une mèche de coton servant à établir la communication entre A et B. Les deux fils sont mis en relation avec les deux pôles d'une pile de 30 à 40 couples à sulfate de cuivre; les deux éprouvettes entrent avec frottement dans des bouchons fermant les deux vases et dans lesquels passent les deux bouts du tube t, t'; on les immerge jusqu'à ce que les bords inférieurs soient situés à peu de distance de la surface du sulfure de carbone.

Aussitôt que la communication est établie avec la pile, on voit peu à peu l'éprouvette négative se remplir de gaz, tandis que dans l'autre il s'en dégage très-peu. Dans celle-ci, il se produit de l'acide sulfurique et de l'acide carbonique; dans l'autre, de l'acide sulfhydrique, de l'hydrogène carboné et même du sulfhydrate de soude. Quand l'eau est devenue suffisamment conductrice, la décomposition marche plus rapidement ; d'un autre côté, la chaleur dégagée pendant toutes ces réactions par le passage de l'électricité augmente la quantité du sulfure de carbone en suspension dans l'eau, et par suite la somme d'actions chimiques produites en quelques jours ; tout le sulfure est décomposé si l'on dispose surtout l'appareil pour que les lames de platine soient placées très-près du sulfure de carbone.

Sulfures métalliques. — Ces sulfures, selon qu'ils sont à bases plus ou moins réductibles, sont décomposés et il en résute des effets différents :

Le cinabre, dans un grand état de division, mis en contact avec l'électrode négative, donne de l'acide sulfhydrique, et du mercure qui se sulfure peu à peu dans son contact avec cet acide. Il se forme ensuite de l'acide sulfurique dans le vase positif, quand par voie de mélange l'acide sulfhydrique commence à y arriver.

Les sulfures d'argent et de cuivre se comportent de même, dans les conditions semblables d'expérimentation ; mais il n'en est pas ainsi des sulfures, qui peuvent se transformer en sulfures basiques quand on leur enlève une partie de leur soufre ; c'est ce qui arrive avec les sulfures de plomb, de fer et les doubles sulfures de cuivre et de fer appelés cuivre pyriteux ; ces sulfures résistent à la décomposition dans les conditions où j'ai opéré et pendant le temps limité dont je disposais.

Si, au lieu d'opérer avec de l'eau distillée, on ajoute à celle-ci une très-petite quantité de soude caustique, on accélère la réaction en même temps qu'on en fait naître de nouvelles, par suite de l'affinité du soufre pour l'alcali ; en soumettant à l'expérience dans le vase négatif un morceau de cuivre pyriteux du poids de 30 grammes, en vingt-quatre heures, il s'est trouvé désagrégé et toutes les parties étaient irisées, sans apparence de cuivre métallique : ce minerai a tout à fait l'aspect du cuivre panaché naturel, ou sulfuré basique. En même temps que la transformation s'effectue il se produit dans le vase négatif de l'acide sulfhydrique et du sulfhydrate qui finissent par être décomposés électro-chimiquement dans le vase positif, avec formation immédiate d'acide sulfurique, quand ces produits y passent par voie de mélange.

En soumettant à l'expérience du minerai de cuivre pyri-

teux recouvert de cuivre carbonaté vert fibreux, avec de l'eau distillée, faisant usage d'une pile composée de dix éléments, et prenant pour électrode négative un fil de platine passé dans un tube de verre fermé à la lampe par une de ses extrémités, de manière à ne laisser en dehors qu'un bout de fil de quelques millimètres de long, et que l'on applique sur le carbonate, ce dernier est décomposé de proche en proche; le cuivre métallique apparaît aussitôt à la place du carbonate, et conserve sa texture fibreuse par un effet de cémentation; en même temps, le cuivre pyriteux se désagrége et se change en sulfure basique.

Avec le carbonate bleu de cuivre et de l'eau distillée et 5 ou 6 couples à sulfate de cuivre, on obtient au pôle négatif de l'oxyde noir de cuivre qui se transforme peu à peu en carbonate vert gélatineux, qui vient surnager à la surface de l'eau; avec 20 couples le cuivre est amené à l'état métallique dans un grand état de division.

Les sulfates insolubles éprouvent également des effets semblables de la part du gaz et autres substances à l'état naissant; avec le sulfate de plomb on obtient les effets suivants :

Si l'on place le sulfate de plomb dans un tube positif en établissant toujours le contact avec l'électrode positive, l'eau est décomposée; l'oxygène devenu libre fait passer l'oxyde de plomb à l'état de peroxyde, qui se dépose sur cette électrode, et l'acide sulfurique devient libre, et se répand peu à peu dans l'eau du vase intermédiaire. Dans les premiers temps, quand il n'y a que de l'eau distillée dans l'appareil, l'action du courant est d'abord très-faible; elle s'accélère au fur et à mesure que l'acide sulfurique se répand dans l'appareil. Si le sulfate est placé au pôle négatif, il y a réduc-

tion de l'oxyde. En opérant avec la galène au lieu du sulfate de plomb, suivant le tube où on la met, il y a formation de sulfate de plomb ou réduction du plomb, avec production d'acide sulfhydrique qui réagit sur le plomb réduit, de manière à reformer du sulfure de plomb.

Le carbonate de plomb et les autres sels donnent lieu à des effets semblables, ne différant entre eux qu'en raison de la nature des acides combinés avec l'oxyde de plomb.

Qu'arrive-t-il en soumettant à l'expérience dans les mêmes conditions que ci-dessus des sulfates terreux insolubles, tels que le sulfate de baryte, etc., et les plaçant au pôle négatif? La décomposition a également lieu, la base se dépose sur la lame négative, où elle se combine avec le gaz acide carbonique de l'air.

Au lieu d'opérer avec l'appareil décrit précédemment, on peut se borner à prendre deux capsules de porcelaine remplies d'eau distillée et communiquant ensemble par l'intermédiaire d'une mèche de coton ou d'asbeste lavée avec de l'eau acidulée par l'acide nitrique; on dispose l'appareil de manière que les fils ou lames de platine ne touchent que les substances mises en expérience avec les capsules, afin d'éviter des réactions sur les substances dont elles sont composées.

Quand on opère avec le sulfate de plomb obtenu par précipitation et placé dans un des tubes de l'appareil, le vase intermédiaire et l'autre tube ne contenant que de l'eau distillée, le contact en outre étant établi avec l'électrode négative, du plomb métallique ne tarde pas à paraître sur cette dernière, en même temps que l'acide sulfurique se rend dans le tube positif, sans que l'on trouve de traces de cet acide dans l'eau

du vase intermédiaire; l'acide sulfurique n'est donc pas parvenu dans le tube par voie de mélange successif, mais bien par l'action directe du courant sur la combinaison d'eau et d'acide qui se forme à l'instant où l'oxyde de plomb s'en sépare dans le tube négatif. C'est donc par une série de décompositions et de recompositions que l'acide sulfurique arrive dans le tube positif.

Si l'on substitue au sulfate de plomb, dans le tube négatif, le sulfate de baryte, en établissant toujours le contact avec l'électrode négative, ce sulfate est décomposé, la baryte devient libre et l'on retrouve l'acide sulfurique dans le tube positif. Il y a une différence, toutefois, dans les deux cas : dans le premier, il y a réduction du plomb au moyen de l'hydrogène à l'état naissant; dans le second, peut-on admettre que la baryte l'est également, et que, par un effet secondaire, il se reforme immédiatement de la baryte par la décomposition de l'eau? On ne saurait le dire.

Parmi les autres composés soumis à l'expérience, je citerai l'arséniate de cobalt, qui a donné des résultats intéressants. Ce composé, soumis à l'action d'une pile de 40 éléments à sulfate de cuivre avec de l'eau distillée, a donné les résultats suivants: il s'est formé en peu d'heures, autour du fil négatif, un dépôt abondant verdâtre au milieu duquel se trouvait une substance ayant un aspect métallique s'étendant sous le pilon du mortier d'agate, et qui n'était autre chose que de l'arseniure de cobalt résultant de la réaction de l'hydrogène à l'état naissant sur l'arséniate. Le dépôt verdâtre traité par l'acide chlorydrique a donné une dissolution d'une couleur d'un beau vert; étendue d'eau, elle est devenue brun foncé; la dissolution ammoniacale a pris une teinte légèrement rosée.

Ce dépôt paraît donc être un mélange d'arsénite et probablement d'arséniate de cobalt, tenu en dissolution au moyen de l'acide arsénique devenu libre au pôle positif.

On trouve dans la dissolution du sulfo-arséniure de cobalt.

La dissolution du sulfhydrate d'ammoniaque donne un précipité brun noir de sulfure de cobalt. Avec l'hydrogène sulfuré, il y a un précipité très-abondant de sulfure d'arsenic.

La dissolution acide formée au pôle positif saturée avec l'ammoniaque donne une dissolution rouge de vin; elle précipite en rouge brique un peu clair avec le nitrate d'argent et abondamment avec le nitrate de baryte; il y a cependant peu d'acide sulfurique, le précipité provient peut-être d'un arséniate de baryte.

La dissolution est donc de l'acide arsénique tenant en dissolution de l'arséniate et de l'arséniure de cobalt.

Appareils simples décomposants.

La méthode que je viens d'exposer s'applique également aux appareils dans lesquels il n'y a qu'un seul couple composé d'une substance métallique insoluble dont la base est facilement réductible, d'une lame de métal et d'eau distillée, ou d'eau tenant en dissolution un sel afin d'augmenter l'intensité du courant. Avant de rapporter les résultats que j'ai obtenus, et dont quelques-uns demandent un certain laps de temps pour être rendus sensibles, je ferai observer qu'il y a une trentaine d'années, je préparai un très-grand nombre d'appareils simples de ce genre, plusieurs centaines; appareils qui ont été mis de côté, afin de les laisser fonctionner

lentement. De temps à autre je les examine, et quand je trouve des effets se rattachant au travail dont je m'occupe alors, je retire les appareils et j'examine les produits formés depuis l'époque où les appareils ont été établis. Voilà comment je puis parler de produits qui ont exigé dix, vingt et trente ans pour se former; si je n'eusse pas adopté cette marche à l'origine de mes travaux, il m'eût été impossible de décrire les faits dont il va être question. Il faut dire aussi qu'il y a des produits dont la formation n'exige pour être rendue sensible que quelques mois, quelques semaines et même quelques jours.

Premier exemple. — Dans un tube fermé par un bout on a introduit, en 1837, du proto-chlorure de mercure, une lame de cuivre et de l'eau distillée; la lame était en contact, par le bout inférieur, avec le proto-chlorure et l'eau, mais de l'autre, avec la partie supérieure de l'eau; le tube a été fermé avec soin, quoique imparfaitement. Il s'est déposé peu à peu sur la partie moyenne des cristaux d'amalgame de cuivre ayant un grand éclat métallique, tandis que la partie supérieure fut recouverte de protoxyde de cuivre, par suite d'une très-lente oxydation du cuivre, cette partie étant la plus rapprochée de la surface de l'eau.

On conçoit comme il suit la constitution du couple : le tube étant fermé mais non complétement, la partie supérieure de la lame de cuivre au contact de l'eau et d'une très-petite quantité d'air, a dû s'oxyder très-lentement; la partie inférieure, en contact avec le proto-chlorure de mercure, a été préservée, et est devenue le pôle négatif; l'eau a été décomposée, comme dans toutes les actions produites par les couples simples; sur ce pôle s'est porté le mercure

provenant de la décomposition du proto-chlorure. Il s'est formé du proto-chlorure de cuivre qui n'est pas complétement insoluble, ainsi que celui de mercure; la dissolution de double chlorure a été décomposée ensuite par l'action du couple voltaïque précédemment indiqué, d'où est résultée une combinaison en proportions définies de cuivre et de mercure.

L'amalgame de cuivre est en jolis cristaux très-brillants, se présentant sous la forme de prismes droits rhomboïdaux, surmontés de pyramides quadrangulaires. Ces cristaux, qui ont 1 à 2 millimètres de côté, paraissent être semblables à ceux de l'amalgame du sodium; leur composition atomique est très-probablement la même.

L'amalgame de plomb s'obtient dans les mêmes circonstances que l'amalgame de cuivre, et conséquemment en vertu d'actions lentes, c'est-à-dire en mettant dans un tube du proto-chlorure de mercure, de l'eau distillée et une lame de plomb. Les mêmes réactions ont lieu autour des points de contact du proto-chlorure de mercure et du plomb; il se forme peu à peu des cristaux d'amalgame de ce métal, semblables aux précédents.

On obtient également des cristaux d'amalgame de cuivre très-brillants et bien caractérisés, en opérant avec du sulfure noir de mercure au lieu de proto-chlorure; au bout de quinze jours, on commence à apercevoir quelquefois sur la lame de cuivre de très-petits cristaux de ce composé, quand surtout la partie supérieure de la lame s'oxyde facilement.

Jusqu'ici il n'a été question que de l'action exercée par l'oxygène et l'hydrogène à l'état naissant sur les parties constituantes des éléments des substances insolubles sou-

mises à l'expérience; on peut y joindre encore celle d'autres corps acides ou alcalins en dissolution dans l'eau, ou des éléments des sels qui s'y trouveraient également en dissolution, et même l'affinité des substances diverses conductrices de l'électricité, servant d'électrodes; j'envisage ainsi la question, comme on le voit, sous le point de vue le plus général.

Je reprends l'expérience où l'on a opéré avec du soufre, de l'eau distillée et deux lames de platine; si l'on substitue à l'eau distillée une solution de sesqui-carbonate de potasse ou de bicarbonate de potasse, il est bien évident qu'il se formera un sulfhydrate de potasse dans le vase négatif, avec d'autant plus de facilité que l'hydrogène et la potasse sont à l'état naissant; de l'autre côté, l'acide carbonique deviendra libre, tandis qu'il se formera de l'acide sulfurique qui décomposera le sesqui-carbonate.

Dans l'expérience précédente, la potasse isolée par l'électricité était à l'état naissant; mais, si l'on opère avec de la potasse caustique en dissolution dans l'eau, le liquide devient beaucoup meilleur conducteur que l'eau distillée, et la décomposition marche plus rapidement. Je citerai comme exemple les sulfures.

Quand le sulfure contient un métal qui peut s'amalgamer, on emploie avec avantage le mercure comme électrode négative. Les sulfures d'argent, de cuivre, de plomb, d'étain, etc., sont dans ce cas.

On peut faire servir utilement le spectromètre à l'analyse qualificative des bases alcalines ou terreuses déposées sur l'électrode négative, même pendant des actions lentes. On s'assure ainsi si les décompositions électro-chimiques s'effectuent ou non.

Les quantités de bases déposées sur l'électrode négative s'y trouvent, dans les premiers instants en quantités excessivement minimes, il n'y a que le spectromètre qui puisse donc en constater l'existence.

Il suffit pour cela d'opérer avec des fils de platine dont les surfaces ont été mises en contact avec l'acide nitrique bouillant, puis chauffés au rouge dans le dard du chalumeau ; ces fils, qui ont servi d'électrodes négatives, donnent, en les plongeant dans des flammes vues au spectromètre, les raies qui caractérisent telle ou telle substance.

Je citerai un exemple : dans un vase en verre contenant de l'eau distillée on a plongé deux fils de platine en communication avec les deux pôles d'une pile, mais ne touchant pas les parois du vase : le fil de platine n'a pas donné au spectromètre la raie jaune de la soude. En opérant de nouveau en faisant toucher la paroi au fil négatif, puis soumettant le fil au spectromètre en versant préalablement sur le bout du fil une goutte d'acide chlorhydrique, la raie jaune a apparu aussitôt très-brillante.

En opérant sur du spath d'Islande, l'extrémité du fil de platine négatif en contact avec le cristal, donne, au bout de très-peu de temps, au spectromètre, les raies rouge et verte de la chaux; avec le feld-spath (orthose) en poussière très-fine, le fil négatif donne assez promptement la réaction de la potasse.

CONCLUSIONS.

Les faits exposés dans ce Mémoire conduisent aux conclusions suivantes :

1° Toutes les substances simples ou composées, solides ou liquides, plongeant dans un liquide n'ayant aucune action sur elles et traversé par un courant électrique, cèdent leurs éléments aux gaz ou autres substances, à l'instant où ces derniers deviennent libres, c'est-à-dire qu'ils sont à l'état naissant, pourvu toutefois qu'elles soient en contact avec les deux électrodes ou l'une d'elles, et que les parties constituantes de ces substances aient une forte affinité pour les éléments à l'état naissant; sans contact, aucun effet n'est produit quand l'insolubilité est complète.

2° Les effets produits sont d'autant plus marqués que les matières sont dans un plus grand état de division, et que les corps à l'état naissant ont plus d'affinité pour leurs éléments.

3° L'électricité agit ici par une action secondaire et non par une action directe, puisqu'elle n'est employée que pour mettre les corps à l'état naissant.

4° Les effets chimiques produits au contact de substances insolubles et du corps à l'état naissant, ont des applica-

tions nombreuses dans la nature, principalement dans les actions lentes offrant des décompositions. Un des éléments étant enlevé, les substances se désagrégent : il faut donc attribuer les effets produits, non à l'électricité, mais à l'action des éléments mis à l'état naissant par l'électricité.

ADDITIONS.

Action d'une pile à forte tension et à sulfate de cuivre sur les cristaux de silicium.

En cherchant à oxyder le silicium au pôle positif dans l'eau distillée avec une pile de 80 éléments à sulfure de cuivre, j'ai reconnu que ce métalloïde n'était pas un corps non conducteur, comme on le croyait, mais qu'il possédait une conductibilité suffisante pour produire des effets de chaleur remarquables, quand il est traversé par un courant électrique, en raison de la grande résistance que ce dernier éprouve : si l'on met du silicium en petits cristaux

cylindroïdes, préparés par le procédé de M. de Ville, et que je dois à son obligeance, placés dans une capsule de porcelaine, ou mieux encore de platine, en communication avec l'un des pôles de la pile, et que l'on ferme le circuit avec un fil de platine de moins 1 mill. de diamètre, en ne touchant seulement avec ce fil qu'un des petits cristaux, on voit aussitôt ce dernier devenir incandescent, ainsi que les cristaux adjacents; en élevant le fil, tous les cristaux le suivent formant une petite chaîne ayant une température rouge-blanc; il se produit en même temps une fumée blanche plus ou moins visible, suivant la force de la pile et ayant une odeur approchant de celle qui se développe quand on brise un morceau de silex.

Cette chaleur intense est réellement produite par la résistance qu'éprouve l'électricité en traversant le silicium, car on obtient ce résultat en employant une pile d'une force telle, qu'en touchant la capsule de platine avec le fil de même métal, on n'aperçoit qu'une faible étincelle.

Si l'on expérimente avec une pile de 20 éléments à acide nitrique, les effets de chaleur sont des plus intenses; le vase de platine est perforé, fondu ainsi que le bout de fil de platine, et il se dégage en même temps une fumée blanche avec formation de silice, qui se dépose en parties pulvérulentes sur le platine fondu, et de siliciure de ce métal.

Avec des électrodes de charbon, on obtient des effets complexes résultant de leur combustion et des effets ci-dessus décrits. La production de lumière est alors des plus vives, et l'œil n'en peut supporter l'éclat. Dans ce cas et le précédent, il faut opérer sur une plaque de cristal de roche, dont la surface se recouvre de silice pulvérulente.

Effets produits par l'électricité sur les dissolutions de silice, etc., etc.

L'électricité agissant comme force chimique sert encore à résoudre des questions où les ressources de la chimie sont quelquefois insuffisantes pour y arriver. L'exemple suivant va en donner la preuve : M. Graham a obtenu la silice, l'alumine et le peroxyde de fer, etc., etc., solubles dans l'eau, sans trace d'acidité dans la liqueur. On se demande dans quel état se trouvent ces substances, et en quoi diffèrent-elles de celles qui se précipitent au bout d'un certain temps à l'état de gelée ; en d'autres termes ont-elles la même composition ou une composition différente ? Les effets électro-chimiques vont répondre à cette question : si l'on soumet à la décomposition électro-chimique une dissolution neutre de silice, il se dépose de la silice au pôle négatif et il y a un dégagement abondant d'acide hypochloreux au pôle positif, qui prouve qu'il existe du chlore dans la dissolution. Les dissolutions d'alumine et de peroxyde de fer se comportent de même. Dans le cas où l'acide hypochloreux ne serait là qu'accidentellement, la dissolution serait celle d'un hydrate soluble autre que l'hydrate en gelée et qui serait décomposée sous l'influence du courant, de telle sorte que l'eau serait l'élément électro-négatif et l'oxyde en gelée que nous connaissons l'élément électro-positif.

Je ne puis me dispenser de rapporter encore une ex-

périence, dans laquelle on fait concourir la dialyse avec l'action décomposante du courant.

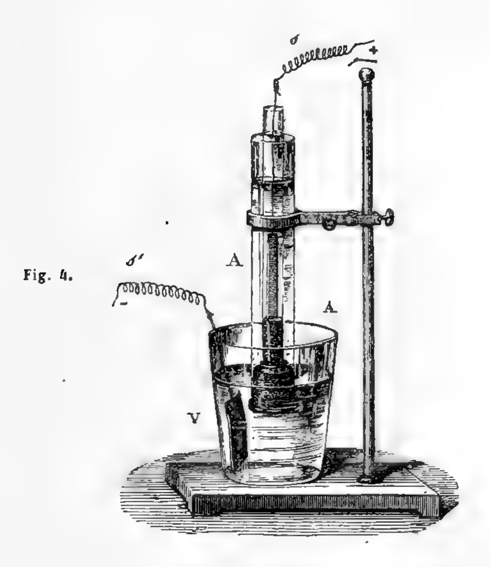


Fig. 4.

Les tubes A et *a* sont fermés par leur extrémité inférieure avec du papier parcheminé.

V contient de l'eau distillée; A, une dissolution de silice dans l'acide chlorhydrique et *a* de l'eau distillée.

Dans V plonge une lame de platine en rapport avec une pile de 40 éléments, et dans *a* une autre en communication avec le pôle négatif.

Il y a d'abord dialyse de A en V et de A en *a*. V devient acide ainsi que *a*, et par conséquent A le devient moins; trente-six heures après V ne l'est plus, ainsi que A. Voici comment on explique ces effets : A contient du chlorure de sodium, indépendamment de la silice et de l'acide chlorhydrique; le chlorure, par le fait de la dialyse, passe

dans V et dans *a*, il y est décomposé par le courant. La soude mise à nu dans V sature l'acide, tandis que le chlore et l'acide chlorhydrique se trouvent dans *a*; il y a dégagement d'acide hypochloreux.

Dans les expériences relatives à l'action exercée par les courants sur les substances insolubles par l'intermédiaire de l'eau distillée, il n'a été question que de courants, provenant de piles composées d'un nombre plus ou moins considérable d'éléments; la nature, dans les actions lentes, produit des effets du même genre, et cependant, si l'électricité intervient, c'est dans des cas simples, où il n'existe pas de piles.

J'ai montré dans mes anciens Mémoires comment l'électricité intervenait dans les actions lentes; il est inutile par conséquent d'y revenir.

NOUVELLE MÉTHODE

POUR

GRADUER LES ARÉOMÈTRES

A DEGRÉS ÉGAUX

ET

L'ALCOOMÈTRE CENTÉSIMAL.

PAR M. POUILLET.

CHAPITRE PREMIER.

HISTORIQUE.

1. Dans un Mémoire sur les densités de l'alcool et des mélanges alcooliques, que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie en 1859, et qui est imprimé dans le tome XXX de nos Mémoires, j'avais été conduit à examiner la question des aréomètres et les causes de leurs discordances. Ces instruments, on le sait, se divisent en deux catégories : l'une destinée aux liquides plus légers que l'eau, l'autre aux liquides

plus pesants que l'eau, savoir, les acides, les dissolutions salines, les sirops, etc. Sur ces deux points j'étais arrivé à cette conclusion : qu'en suivant les procédés admis jusqu'à ce jour pour graduer les aréomètres, il y avait peu de chances de remédier aux imperfections dont se plaignent à la fois la science et l'industrie; je proposais donc une nouvelle méthode de graduation, fondée sur d'autres principes, qui me semblait praticable par tous les constructeurs et propre à donner des instruments fidèles et véritablement comparables.

A cette époque je m'étais surtout occupé des instruments de la première catégorie, parce qu'ils se trouvaient plus étroitement liés à mon sujet; cependant il me restait peu de chose à faire sur les aréomètres de la seconde catégorie pour montrer que non-seulement cette nouvelle méthode s'y applique avec de grands avantages, mais qu'elle en simplifie la construction d'une manière remarquable. Détourné par d'autres recherches, ce n'est que depuis ces dernières semaines que j'ai eu l'opportunité de reprendre ce travail, et je m'empresse de le présenter à l'Académie comme un complément de mon Mémoire de 1859.

Ces études sur les aréomètres de la seconde catégorie m'ont conduit à simplifier beaucoup les moyens pratiques que j'avais indiqués à cette époque pour la construction des aréomètres de la première catégorie. La méthode, devenue générale, est exposée ici avec tous les développements nécessaires, d'abord pour les aréomètres de la deuxième catégorie, et ensuite pour les aréomètres de la première catégorie.

2. Quand il s'agit d'aréomètres à degrés égaux destinés à marquer les densités supérieures à celle de l'eau, la relation

qui existe entre les densités et les degrés aréométriques est exprimée par la formule :

$$d = \frac{a}{a - n}, \qquad (1)$$

d étant la densité;
n, le nombre des degrés;
a, une quantité constante.

La valeur de a est la base de la graduation; elle est tout à fait arbitraire, en ce sens qu'elle dépend exclusivement des conventions que l'on adopte.

En prenant la densité de l'eau pour unité, le degré zéro de l'instrument doit être écrit sur la tige au point où elle est coupée par la surface de niveau ou de flottaison quand l'aréomètre est en équilibre dans l'eau distillée à la température de 15°, qui est généralement admise pour ces sortes d'instruments.

Mais cette convention ne suffit pas, il en faut une seconde pour déterminer la valeur de a.

Baumé avait proposé de marquer le 15e degré de son aréomètre au point de la tige qui affleure le niveau quand l'instrument s'est mis en équilibre dans une dissolution composée en poids de 85 parties d'eau et de 15 parties de sel marin, de diviser en 15 parties égales la longueur de la tige comprise entre les affleurements de l'eau et de la dissolution salée, et de continuer ensuite ces divisions sur la tige supposée cylindrique.

Cette dernière convention paraît d'abord beaucoup plus simple qu'elle ne l'est en réalité : le sel marin est loin d'être identique à lui-même, plusieurs éléments étrangers s'y associent au chlorure de sodium en diverses proportions, et la

dissolution salée dont il s'agit prend, suivant les circonstances, des densités notablement différentes.

Il faut remarquer de plus qu'un seul millième de variation dans cette densité, qui est à peu près 1,109, fait varier la valeur de *a* de plus d'une unité, d'où il suit qu'en suivant fidèlement les prescriptions de Baumé, le même constructeur peut fabriquer, à quelques jours d'intervalle, des instruments dont la constante *a* diffère peut-être de 4 ou 5 unités.

Or deux appareils parfaitement gradués, l'un avec une constante *a* égale par exemple à 152,62, comme elle serait pour une dissolution salée de densité 1,109, l'autre avec une constante *a* égale à 148,93, comme elle serait pour une dissolution salée de densité 1,112, se trouveraient en désaccord presque de 2 degrés lorsqu'on les plongerait dans le même liquide marquant environ 70 degrés aréométriques.

Les difficultés de la graduation tiennent donc essentiellement au choix du deuxième liquide, et aux variations de densité que ce liquide type peut éprouver accidentellement par une foule de causes.

On a fait bien des tentatives pour remplacer la dissolution de Baumé par d'autres liquides, mais l'on ne gagne rien ou presque rien à ces changements, et cela tient à la nature même des choses. Il arrive, en effet, que les liquides auxquels on peut avoir recours pour cette opération, acides, dissolutions salines ou autres composés, changent rapidement de densité par le seul contact de l'air, les uns à cause de la volatilité de quelques éléments, les autres à cause de leur vive action hygroscopique ; sans compter qu'il est toujours extrêmement difficile de les avoir purs et identiques à eux-mêmes,

parce qu'ils dissolvent un grand nombre de corps étrangers à leur composition propre.

3. On se plaint beaucoup des constructeurs parce que leurs aréomètres sont rarement bons, mais, tout en admettant cette vérité comme incontestable, je suis loin de m'associer aux critiques qu'on leur adresse. Il ne faut pas juger le fabricant d'un produit médiocre sans apprécier les difficultés qu'il aurait à vaincre pour le rendre meilleur; or, en tenant compte de ces difficultés, au lieu de condamner les constructeurs d'aréomètres, je serais plutôt disposé à les féliciter de ne pas faire plus mal, tant il y a d'obstacles sur la voie qui leur a été ouverte et qu'ils sont obligés de suivre.

Pour échapper à tous les embarras ils essayent volontiers de fabriquer un *étalon* auquel ils donnent tous les soins possibles et dont ils se servent ensuite pour marquer les degrés extrêmes sur les aréomètres à graduer. Mais, si cet étalon porte le zéro de l'échelle, ses degrés ne peuvent avoir qu'une petite longueur, et les erreurs de comparaison deviennent considérables; si, au contraire, il ne porte pas le zéro, il a fallu, pour le faire, recourir à deux liquides plus denses que l'eau, et les chances d'erreur sont en quelque sorte doublées. Dans les deux cas on a à redouter l'erreur originelle de l'étalon lui-même et l'erreur de comparaison avec les aréomètres dont il devient le type.

Au reste, la grande abondance des aréomètres défectueux que l'on trouve dans le commerce semble être une preuve de fait que l'étalon ne donne pas une véritable garantie.

CHAPITRE II.

PRINCIPES DE LA NOUVELLE MÉTHODE.

4. La nouvelle méthode de graduation pour les pèse-acides, pèse-sels, pèse-sirops, etc., dont je vais parler, se distingue de l'ancienne par les caractères suivants :

1° Elle n'admet que l'eau distillée pour marquer les degrés sur la tige de l'aréomètre ; ainsi elle exclut les erreurs provenant de l'intervention du second liquide plus dense que l'eau.

2° Elle donne à l'aréomètre des formes régulières que le souffleur obtient sans peine, et qui permettent de résoudre à coup sûr les problèmes les plus importants de l'aréométrie, problèmes dont la solution restait incertaine et ne pouvait se chercher que par de longs et pénibles tâtonnements.

3° Elle est en même temps une méthode directe de vérification pour les aréomètres de toute espèce, pourvu que l'on connaisse les densités qui se rapportent aux degrés que l'on veut soumettre à la vérification.

Je vais entrer dans tous les détails nécessaires pour que l'on puisse la comprendre et la mettre en pratique.

5. *Constante et tableau des densités.* La constante que j'adopte est $a = 150$, par conséquent la relation entre la densité

d et le nombre des degrés n de l'aréomètre est exprimée par l'équation

$$d = \frac{150}{150 - n};$$

les seuls avantages de ce nombre 150 sont d'être à peu près intermédiaires entre ceux qui ont été appliqués à la graduation de Baumé, et d'avoir les facteurs 2, 3, 5 qui simplifient quelques calculs.

On voit, par exemple, qu'en donnant à n

les valeurs..	0°	25°	50°	75°	100°
les densités correspondantes sont	1,00	1,20	1,50	2,00	3,00.

Alors l'échelle de graduation se fractionne naturellement en quatre aréomètres, savoir :

n° 1	allant de 0° à 25°	et donnant les densités comprises entre	1,0 et 1,2.
n° 2	25° à 50°		1,2 et 1,5
n° 3	50° à 75°		1,5 et 2,0
n° 4	75° à 100°		2,0 et 3,0

Le tableau suivant contient les densités qui correspondent à chacun des 100 degrés de cette échelle aréométrique.

DEGRÉS DE L'ARÉOMÈTRE ET DENSITÉS CORRESPONDANTES.

N° 1.		N° 2.		N° 3.		N° 4.	
DEGRÉS.	DENSITÉS.	DEGRÉS.	DENSITÉS.	DEGRÉS.	DENSITÉS.	DEGRÉS.	DENSITÉS.
0	1,0000	25	1,2000	50	1,5000	75	2,0000
1	1,0067	26	1,2097	51	1,5151	76	2,0270
2	1,0135	27	1,2195	52	1,5306	77	2,0548
3	1,0204	28	1,2295	53	1,5464	78	2,0833
4	1,0274	29	1,2396	54	1,5625	70	2,1127
5	1,0345	30	1,2500	55	1,5790	80	2,1428
6	1,0417	31	1,2605	56	1,5957	81	2,1739
7	1,0489	32	1,2712	57	1,6129	82	2,2059
8	1,0563	33	1,2821	58	1,6304	83	2,2388
9	1,0638	34	1,2931	59	1,6484	84	2,2727
10	1,0714	35	1,3043	60	1,6667	85	2,3077
11	1,0790	36	1,3158	61	1,6854	86	2,3437
12	1,0869	37	1,3274	62	1,7045	87	2,3809
13	1,0949	38	1,3393	63	1,7241	88	2,4194
14	1,1030	39	1,3513	64	1,7442	89	2,4590
15	1,1111	40	1,3636	65	1,7647	90	2,5000
16	1,1194	41	1,3762	66	1,7857	91	2,5424
17	1,1278	42	1,3890	67	1,8072	92	2,5862
18	1,1364	43	1,4019	68	1,8293	93	2,6316
19	1,1451	44	1,4151	69	1,8518	94	2,6786
20	1,1539	45	1,4286	70	1,8760	95	2,7273
21	1,1628	46	1,4423	71	1,8987	96	2,7778
22	1,1719	47	1,4563	72	1,9231	97	2,8301
23	1,1811	48	1,4706	73	1,9481	98	2,8846
24	1,1905	49	1,4861	74	1,9737	99	2,9412
25	1,2000	50	1,5000	75	2,0000	100	3,0000

Nous devons accompagner ce tableau de quelques observations.

Quand un liquide marque à l'aréomètre un nombre n de degrés, que faut-il conclure sur sa densité?

On s'étonnera peut-être de me voir poser ici une question dont la réponse est si évidente; mais j'ai eu plusieurs fois l'occasion de m'assurer qu'elle n'est pas tout à fait hors de propos et je demande la permission de la maintenir.

Si le liquide est à la température de 15° quand l'aréomètre y marque n degrés, on doit accepter pour règle les indications du tableau et conclure que sa densité est en effet la valeur de d qui correspond à n. Mais, il ne faut pas l'oublier, cette densité est rapportée à celle de l'eau à la température de 15°; elle n'exprime donc pas que le poids du litre de liquide est de d kilogrammes, elle exprime seulement qu'il est d fois le poids du litre d'eau à 15°; celui-ci étant δ, l'autre est $d\delta$.

Or, d'après les tables les plus correctes, $\delta = 0^{k.},999133$ ou $1^{k.} - 0,000867 = 1 - z$, en faisant $z = 0,000867$.

La densité aréométrique du liquide étant d, il faut donc la multiplier par $1 - z$ ou en retrancher presque la 1000e partie de sa valeur pour avoir le poids du litre de ce liquide à 15° de température.

Si le liquide où l'aréomètre s'est mis en équilibre et où il marque n degrés se trouve à une température plus ou moins éloignée de 15°, on ne peut plus avoir que des approximations tant sur la densité que sur le poids du litre de ce liquide; on pourrait bien essayer de faire des corrections, mais, elles seraient incertaines, à moins que les lois de la dila-

tation et du liquide et de l'aréomètre ne fussent parfaitement connues.

6. *Formules.* Ces aréomètres se composent comme à l'ordinaire de la tige et de la carène.

La tige porte les degrés et s'enfonce plus ou moins dans les liquides différents, pour satisfaire à cette condition fondamentale que les volumes de ces liquides, déplacés par l'aréomètre, soient en raison inverse de leurs densités.

La carène commence au point même où finit le dernier degré inscrit sur la tige; elle comprend donc le volume entier de l'aréomètre, moins le volume de la tige.

Nous allons chercher d'abord les relations générales qui existent entre les éléments constitutifs de l'appareil.

u, volume de la partie efficace de la tige, c'est-à-dire de la partie comprise entre le degré supérieur et le degré inférieur (*).

u', volume de la carène.

V, volume total de l'aréomètre, il ne comprend pas la portion de la tige qui reste au-dessus du degré supérieur; on ne tient aucun compte de cette portion quant à son volume, parce qu'il n'est jamais immergé, mais l'on en tient compte quant à son poids, qui fait partie du poids total de l'aréomètre.

P, poids total de l'aréomètre.

δ, densité de l'eau à 15°, ou plus exactement poids de

(*) Le degré *supérieur* est toujours celui qui se trouve le plus près du sommet de la tige. Le degré *inférieur*, celui qui se trouve le plus près de la carène. Ainsi, dans l'aréomètre dont il s'agit, le degré inférieur est toujours plus grand que le degré supérieur.

1^c cube d'eau à 15° de température. On a $\delta = 0^{gr.},999133 = 1^{gr.} - 0,000867$.

Les volumes sont exprimés en centimètres cubes, et les poids en grammes.

Représentons par n, n' le degré supérieur et le degré inférieur que l'on veut assigner à l'échelle d'un aréomètre demandé, par d, d' les densités correspondantes à ces degrés, on aura les relations suivantes entre les éléments de l'aréomètre assujetti à ces conditions.

(2) $V = u' + u$ (3) $V = \frac{P}{\delta} \cdot \frac{1}{d}$

(4) $u' = \frac{P}{\delta} \cdot \frac{1}{d'}$ (5) $u = \frac{P}{\delta} \cdot \frac{d' - d}{d d'}$

(6) $\frac{V}{u} = \frac{d'}{d' - d}$ (7) $\frac{u'}{u} = \frac{d}{d' - d}$.

D'après cela, les aréomètres qui viennent d'être désignés par les numéros, 1, 2, 3, 4, seront caractérisés de la manière suivante :

	n	n'	d	d'	V	u'	u	$\frac{u'}{u}$	$\frac{V}{u}$
n° 1	0	25	1,0	1,2	$\frac{P}{\delta}$	$\frac{5}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{1}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	5	6
n° 2	25	50	1,2	1,5	$\frac{5}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{4}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{1}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	4	5
n° 3	50	75	1,5	2,0	$\frac{4}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{3}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{1}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	3	4
n° 4	75	100	2,0	3,0	$\frac{3}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{2}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	$\frac{1}{6} \cdot \frac{P}{\delta}$	2	3

Tels sont les rapports simples qui, par le choix de la constante, se trouvent établis d'une part entre le poids P de l'instrument et les volumes, V, u', et u, et d'autre part entre ces trois volumes eux-mêmes.

7. *Forme générale de l'instrument.* La graduation qui nous occupe repose à la fois sur la valeur précise des éléments constitutifs de l'aréomètre, et sur celle des rapports exprimés par les formules précédentes. S'il ne s'agissait que de trouver les volumes V, u', u, rien ne serait plus simple; mais parmi les questions à résoudre, il y en a une qui présente des difficultés d'un autre ordre, c'est celle de savoir comment on pourra obtenir d'un souffleur ordinaire de fabriquer sans peine et couramment une carène d'un volume donné, et d'une forme telle que les conditions de stabilité s'y trouvent remplies. La solution mathématique de ce problème serait impossible, il faut donc la remplacer par une solution approchée, et combiner les choses pour que la solution approchée acquière, en définitive, toute la rigueur de la solution mathématique elle-même.

Dans cette vue il m'a paru nécessaire de donner à l'aréomètre une forme générale constante, dont certains éléments restent seuls variables, comme je vais l'expliquer.

La tige aura toujours 20 centimètres de longueur, mais son diamètre $2r$ pourra varier dans les limites ordinaires.

La carène n'aura pas dans sa forme d'autres éléments que la sphère et le cylindre, comme l'indique la figure ci-jointe; on y distingue quatre parties différentes :

1° Une certaine longueur de la tige; toute la portion qui se trouve au-dessous du degré inférieur;

2° Le réservoir supérieur; cylindre terminé par deux hémisphères de même diamètre que lui; $2r'$ est son diamètre, l' la longueur du cylindre;

3° Le tube de jonction qui réunit le réservoir supérieur à la boule de lest; son diamètre extérieur est constant, sa longueur est l'';

4° La boule de lest; sphère dont le diamètre est $2\,r''$.

Dans cette forme générale de la carène, les dimensions variables appartiennent surtout au réservoir supérieur, à son diamètre $2\,r'$ et à la longueur l' de la portion cylindrique.

Quant au tube de jonction et à la boule de lest, ils n'éprouvent de variations, l'un dans sa longueur, l'autre dans son diamètre, que pour satisfaire aux conditions de stabilité.

8. *Tige.* Nous venons de dire que la tige a toujours 20 centimètres de longueur, mais on laisse en haut $2^c,5$ qui ne doivent pas s'immerger, et en bas $2^c,5$ qui ne doivent qu'éventuellement porter des divisions et qui, suivant les circonstances, doivent s'ajouter en parties plus ou moins grandes d'un côté à la tige, de l'autre à la carène.

Ainsi la longueur *normale* de la tige se réduit à 15 centimètres.

Le volume u des formules précédentes est celui qui appartient à cette longueur normale.

La tige est choisie parmi des tubes minces dont le diamètre extérieur $2\,r$ peut varier de $2\,r = 0^c,5$ jusqu'à $2\,r = 1^c,0$,

mais dont le verre doit, en général, avoir une épaisseur un peu plus petite que $\frac{1}{2}$ millimètre.

Des diverses manières très-expéditives de trouver le diamètre de la tige, l'une des plus commodes est l'emploi de cette espèce de sphéromètre à main, qui est connu sous le nom de *calibre de Palmer ;* avec cet instrument il suffit d'un instant pour avoir le diamètre de la tige, et même pour vérifier si elle n'a pas d'irrégularités qui dépassent les tolérances.

C'est avec le diamètre de la tige ainsi déterminé que l'on va dans la table 1 chercher son volume *u*. (Voyez les tables de construction, chapitre VII.)

Je me borne à dire ici que cette table se compose de trois colonnes :

La 1re contient, de dixième en dixième de millimètre, les diamètres croissants de la tige depuis $2r = 0,50$ jusqu'à $2r = 1^c,00$.

La 2e contient le volume *u* correspondant à chaque diamètre pour la longueur normale de 15 centimètres.

La 3e contient le volume correspondant à chaque diamètre pour une longueur de 1 centimètre.

Ainsi, dès qu'une tige est choisie, on a de suite son volume et sa section ; c'est par là que l'on doit commencer l'aréomètre.

9. *Réservoir supérieur.* Le volume du réservoir supérieur est celui d'un cylindre de diamètre $2r'$ et de longueur l', plus celui d'une sphère de rayon r'.

La table 2 (voyez les tables, chapitre VII) donne ce volume pour toutes les valeurs de $2r'$ comprises entre $2r' = 1^c,20$

et $2r' = 3^c,72$, et pour toutes les valeurs de l' depuis $l' = 2^c,0$ jusqu'à $l' = 4^c,0$, et même jusqu'à $6^c,0$ pour les diamètres supérieurs à $3^c,0$. Ces limites me paraissent suffisantes.

Quand il s'agit de faire un réservoir d'un volume déterminé, par exemple, de $16^c,757$, la table fait voir d'un coup d'œil que l'on peut y employer des tubes compris entre $2r' = 2^c,00$ et $2r' = 2^c,38$, et en même temps elle donne la longueur que doit recevoir le cylindre suivant le diamètre que l'on a choisi entre ces limites.

Si, au lieu d'entrer dans la table avec un volume donné, on y entrait avec une valeur donnée pour $2r'$, on y trouverait pareillement les volumes que l'on peut produire en y employant telle ou telle longueur de cylindre.

Les diamètres $2r'$ se prennent, avec le calibre Palmer, comme le diamètre $2r$ de la tige.

Les épaisseurs du verre, dans les tubes employés à faire le réservoir supérieur, doivent être d'environ $\frac{1}{2}$ millimètre.

10. *Stabilité.* C'est, comme nous venons de le dire, au moyen du tube de jonction et du réservoir de lest que l'on remplit les conditions de stabilité. La capacité de la boule doit être un peu plus grande que le volume du mercure de lest, et le tube de jonction doit avoir une longueur suffisante pour assurer les positions relatives du centre de gravité et du centre de pression. D'après les formes régulières que nous adoptons, ces positions relatives se calculent avec tant de facilité et par des formules si simples, que la plupart des constructeurs pourraient en faire usage ; mais sans formules, personne ne peut être embarrassé sur ce point, le coup d'œil de la pratique ne s'y trompera pas, et, d'ailleurs, qu'y aurait-il de

plus facile que d'allonger le tube de jonction de quelques millimètres?

Dans les aréomètres n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, que je prends ici pour exemple, la stabilité est très-bonne avec une boule de 2 centimètres de diamètre et un tube de jonction de $0^c,5$ de diamètre et de 3 centimètres de longueur primitive; cette longueur se réduisant de quelques millimètres par le scellement qui se fait à sa partie supérieure pour empêcher la dispersion du mercure.

C'est donc en somme un volume d'environ $4^c,8$ qui entre comme partie intégrante et constante dans les carènes de ces quatre aréomètres.

11. *Carène, construction.* Nous pouvons maintenant indiquer, d'une manière générale, comment on procède à la construction de l'aréomètre.

Nous avons vu (6) :

Que pour ces aréomètres on a :

n° 1	n° 2	n° 3	n° 4
$\frac{u'}{u} = 5$;	$\frac{u'}{u} = 4$;	$\frac{u'}{u} = 3$;	$\frac{u'}{u} = 2$

Prenons pour exemple le n° 3; on veut le construire avec une tige $2\,r = 0^c,62$.

La table 1 donne $u = 4,528$ et pour 1 centimètre de longueur $0^c,302$; la carène $u' = 3\,u$ devra donc avoir un volume. . . . . $13^c,584$

On en retranche ce qui appartient à la boule de lest et au tube de jonction. 4,800

Il reste pour le réservoir supérieur, plus la partie inférieure de la tige. 8,784

La table 2 fait connaître que, pour obtenir ce volume, on peut employer à faire le réservoir supérieur des tubes compris entre $2\,r' = 1^c,52$ et $2\,r' = 1,84$; en effet :

$2r' = 1,52$ avec $l' = 3^c,9$ donne pour le réservoir supérieur		8,919
$2r' = 1,84$ avec $l' = 2^c,1$ donne		8,846

C'est ici le moment d'expliquer en quoi consistent les ressources ménagées au souffleur et quelles sont les limites de tolérance qui lui sont accordées.

Le volume normal u qui correspond à 15 centimètres de longueur de la tige peut être augmenté ou diminué dans une certaine proportion qui va jusqu'à $\frac{2}{15}$ de sa valeur. En effet, sans toucher à la position du degré supérieur, qui doit être marqué à environ $2^c,5$ du haut de la tige, on peut allonger de $\frac{2}{15}$ la partie efficace de la tige, puisque l'on peut y ajouter 2 centimètres, pris sur les $2^c,5$ qui restent disponibles à son extrémité inférieure ; on peut de même la raccourcir de $\frac{2}{15}$ en réduisant sa partie efficace à 13 centimètres au lieu des 15 centimètres qui font sa longueur normale.

Comme d'une autre part, dans l'exemple qui nous occupe, il faut satisfaire mathématiquement à la condition $u' = 3\,u$, on voit que la faculté d'augmenter ou de diminuer u des $\frac{2}{15}$ de sa valeur équivaut à la faculté d'augmenter ou de diminuer u' des $\frac{6}{15}$ ou des $\frac{2}{5}$ de u ; c'est-à-dire de $1^c,812$.

Ainsi la valeur normale de u' étant.		13,584
Sa plus grande valeur acceptable sera	$u' + 1,812$	$= 15,396$
Sa moindre valeur acceptable sera	$u' - 1,812$	$= 11,772$

Cette explication, que j'applique à un cas particulier pour la rendre plus claire, sera facilement étendue à tous les cas possibles. On voit que la latitude accordée au souffleur varie

suivant les circonstances; elle dépend de u et de $\frac{u'}{u}$: ien ne serait plus facile que de la restreindre ou de lui donner au besoin un peu plus d'extension.

On verra plus loin qu'il n'y a aucunement à se préoccuper de savoir si le souffleur s'est approché de la limite supérieure de u' ou de sa limite inférieure; c'est l'opération définitive de la graduation qui l'apprend. Dans le premier cas on trouve que les 25° de l'aréomètre n° 3, allant de 50° à 75°, occupent près de 17 centimètres de longueur sur la tige et que la longueur du degré s'approche $6^{mm},8$; dans le second cas on trouve, au contraire, que les 25° n'occupent qu'un peu plus de 13 centimètres, la longueur du degré se trouvant alors réduite à près de $5^{mm},2$.

12. *Poids, volume, lest.* Quand l'enveloppe de l'aréomètre est sortie des mains du souffleur, elle est pesée à 1 centigramme près, son poids est p.

Ensuite, avec de la grenaille de plomb, on lui donne un lest provisoire, on la plonge dans l'eau et l'on charge en lest progressivement jusqu'à ce que la tige n'ait plus au-dessus de la flottaison qu'environ 25 millimètres. Alors, après l'avoir retirée de l'eau et essuyée, on la pèse avec sa charge de plomb, soit P' son poids. Cette opération préliminaire fait connaître à peu près le volume total V de l'instrument, car il est pour l'instant exprimé avec une approximation suffisante par la valeur de P'.

On se sert de cette valeur approchée $V = P'$ pour former un poids P'', qui n'est pas encore le poids définitif P de l'instrument, mais qui en diffère assez peu pour qu'il soit permis de l'employer à déterminer la valeur m du poids de mercure que l'instrument doit recevoir comme lest.

En effet, d'après ce que nous avons vu (6), on doit avoir :

nº 1	nº 2	nº 3	nº 4.
$\frac{P}{\delta} = V$	$\frac{P}{\delta} = \frac{6V}{5}$	$\frac{P}{\delta} = \frac{6V}{4}$	$\frac{P}{\delta} = \frac{6V}{3}$

On aura donc approximativement :

$$P'' = P' \qquad P'' = \frac{6P'}{5} \qquad P'' = \frac{6P'}{4} \qquad P'' = \frac{6P'}{3}$$

Le poids m du mercure de lest est ce qu'il faut ajouter au poids p de l'enveloppe, qui a été trouvé tout à l'heure, et au poids h de l'échelle de papier, qui doit toujours être connu d'avance, pour composer le poids total de l'instrument; on a donc :

$$m = P'' - p - h$$

ou, d'après les valeurs précédentes de P'',

nº 1	$m = P' - p - h$
nº 2	$m = \frac{6P'}{5} - p - h$
nº 3	$m = \frac{6P'}{4} - p - h$
nº 4	$m = \frac{6P'}{3} - p - h.$

Ce poids de mercure qui se déduit dans tous les cas de p, de h et de V ou de P' est introduit dans la boule de lest, et le tube de jonction est immédiatement scellé à sa partie supérieure.

Dans cet état, l'instrument est préparé pour la graduation.

13. *Graduation.* On procède à la graduation de la manière suivante :

On ajuste dans la tige une échelle de papier provisoire ayant le poids h que doit avoir l'échelle définitive; on a eu soin d'y tracer quelques repères sur une longueur de 20 ou 30 millimètres vers le haut et vers le bas de la tige, dans les

espaces où doivent tomber le degré supérieur et le degré inférieur.

Alors l'aréomètre est suspendu par le haut de la tige à un petit tube de caoutchouc qui s'accroche sous le bassin de la balance, et l'on en détermine le poids définitif P. Ce poids peut, sans inconvénient, avoir plusieurs centigrammes de plus ou de moins que P'', qui a servi à trouver le lest.

Ensuite, après l'avoir remis dans cette position, et en conservant soigneusement la tare de l'autre bassin, on le fait plonger dans une éprouvette contenant de l'eau distillée à 15° de température. La perte de poids qu'il y fait se mesure par le volume plongé, et réciproquement le volume plongé se mesure par la perte de poids.

Les deux points que nous avons à chercher sont le point où doit se marquer le degré supérieur et le point où doit se marquer le degré inférieur; le premier correspond au volume V et le second au volume u'.

Les pertes de poids f et f' seront donc respectivement

$$f = V\delta, \qquad f' = u'\delta.$$

Si nous ne connaissons pas directement ces volumes V et u', nous les connaissons indirectement par le poids P lui-même, car leurs rapports sont écrits plus haut p. 803 et 811.

Nous avons donc :

n° 1 $\quad f = P, \quad f' = \frac{5P}{6}$

n° 2 $\quad f = \frac{5P}{6}, \quad f' = \frac{4P}{6}$

n° 3 $\quad f = \frac{4P}{6}, \quad f' = \frac{3P}{6}$

n° 4 $\quad f = \frac{3P}{6}, \quad f' = \frac{2P}{6}.$

Pour déterminer le degré supérieur, on met donc dans le bassin qui porte l'instrument le poids f qui lui appartient par le tableau précédent, on fait monter ou descendre le niveau jusqu'à ce que l'équilibre soit parfaitement établi, on lit sur l'échelle provisoire le repère qui se trouve à l'affleurement; c'est là le point précis de la tige où ce degré doit être marqué.

Il est facile de comprendre maintenant comment les approximations dont nous avons fait usage se trouvent par la pesée même rectifiées et corrigées sans aucune espèce d'incertitude.

Pour déterminer le degré inférieur, on substitue au poids f le poids f' qui lui appartient, on cherche de même l'équilibre, on lit le repère qui se trouve à l'affleurement; c'est là le point précis de la tige où ce degré doit être marqué.

Ces deux points extrêmes une fois marqués au diamant à l'extérieur de la tige, on construit l'échelle définitive; au moyen de ces repères, on la fixe à la place même de l'échelle provisoire, et l'on ferme le haut de la tige sans addition ni perte de poids comme on le fait à l'ordinaire.

Cette nouvelle méthode de graduation se réduit donc à une pesée dans l'air pour obtenir le poids juste de l'instrument, et à deux pesées dans l'eau à 15° de température pour obtenir les deux points extrêmes de l'échelle. Il n'y a là aucune chance d'erreur, tout y est simple et exact; c'est l'eau et la balance.

CHAPITRE III.

QUESTIONS GÉNÉRALES.

14. *Discussion des formules.* Après avoir choisi quelques exemples pour faire comprendre les principes de la méthode, nous allons indiquer d'une manière générale comment peuvent se résoudre les questions les plus difficiles de l'aréométrie.

Les équations (2), (3), (4), ont conduit aux équations (6) et (7) page 11 ; celles-ci peuvent elles-mêmes se transformer en y introduisant le degré supérieur n et le degré inférieur n' en remplacement des densités correspondantes d et d' ; pour simplifier, on fera de plus $\frac{V}{u} = k$ et par suite $\frac{u}{u'} = k - 1$.

On obtient ainsi :

$$\text{(A)} \quad n = 150 - k\,(n' - n) \qquad \text{(A')} \quad n' = 150 - (k - 1)\,(n' - n).$$

Ces deux équations n'en font qu'une, puisqu'elles se déduisent l'une de l'autre ; mais, suivant les circonstances, il est plus commode d'employer la forme (A) que la forme (A') ou *vice versa*.

On peut donc dans l'aréomètre considérer quatre quantités, savoir :

k, ou le rapport $\frac{V}{u}$; je le suppose toujours plus grand que 2.

n, le degré supérieur de son échelle; il est toujours entier, positif et plus petit que n'.

n, le degré inférieur de son échelle; il est de même entier et positif, et je suppose qu'il ne doive pas dépasser 100.
$n' - n$, l'étendue de l'échelle de l'aréomètre; que j'appelle la *course* de l'instrument.

Si, parmi ces quatre quantités, il arrive qu'une seule soit inconnue, le problème est déterminé, l'inconnue ne peut recevoir qu'une valeur unique.

S'il arrive, au contraire, qu'il reste deux inconnues, le problème est indéterminé; chacune des deux inconnues peut recevoir plusieurs valeurs comprises entre certaines limites; mais ces valeurs respectives sont dépendantes l'une de l'autre.

15. *Cas où il n'y a qu'une seule solution.* Quand on se donne n et n', le degré supérieur et le degré inférieur, la course $n' - n$ s'en déduit, il n'y a jamais qu'une seule et unique valeur de k qui puisse remplir les conditions du problème.

C'est pour cela que, dans les exemples précédents, la valeur de k est forcément 6, 5, 4, 3, suivant qu'il s'agit du n° 1, du n° 2, du n° 3 ou du n° 4.

Il en est de même quand on se donne l'un des degrés extrêmes et la course, puisque l'autre degré s'en déduit.

Il en est encore de même quand on se donne n et k ou n' et k, parce que dans la première hypothèse la course se déduit de l'équation (A), dans la deuxième hypothèse de l'équation (A'); dans les deux hypothèses l'autre degré se déduit de la course.

Le cas où il n'y a qu'une solution embrasse donc cinq problèmes différents :

1er	Problème : on donne		n et n'
2e	*id.*	*id.*	n et $n' - n$
3e	*id.*	*id.*	n' et $n' - n$
4e	*id.*	*id.*	n et k
5e	*id.*	*id.*	n' et k.

Ces cinq problèmes se réduisent à deux, puisque le 2e et le 3e rentrent dans le premier, et que la différence entre le 4e et le 5e est plus apparente que réelle.

16. *Solution du* 1er *problème.* Les deux opérations préliminaires pour construire un aréomètre sont toujours de choisir la tige et de déterminer le volume de la carène qui doit y être adaptée. Toute tige convient à la rigueur à toute carène ; cependant, quand le rapport $\frac{u'}{u}$ est petit, il vaut mieux prendre la tige dans les grands diamètres, et réciproquement; s'il arrive que $\frac{u'}{u}$ soit très-grand, il vaut mieux prendre la tige dans les petits diamètres, pour n'avoir pas un appareil énorme.

Dans le problème qui nous occupe, on commencera donc par trouver la valeur de $k - 1$ au moyen de l'équation (A').

$$k - 1 = \frac{150 - n'}{n' - n}.$$

Suivant que cette valeur de $k - 1$ sera comprise entre 1 et 3 ou 4, ou entre 4 et 6 ou 7, on choisira la tige dans les grands diamètres ou dans les petits diamètres.

Dès que la tige est choisie, u est connu et l'on forme la valeur de u' par la relation :

$$u' = (k - 1)\, u.$$

Avant de souffler à l'extrémité de la tige cette carène u', il faut par aperçu se rendre compte des conditions de stabilité

et par conséquent des dimensions à choisir pour la boule de lest et pour le tube de jonction.

On y procède de la manière suivante :

Le poids total de l'aréomètre est donné par l'équation (4)

$$\frac{P}{\delta} = u'd'.$$

On prend donc approximativement $u'\,d'$ pour le nombre qui exprime en grammes le poids total que doit avoir l'instrument.

D'un autre côté on consultera la table 3, page 886, qui, d'après les volumes u' et u, donnera le poids p de l'enveloppe à 1 gramme près environ.

En retranchant ce poids p de la valeur précédente de $u'\,d'$, on pourra prendre le reste $u'\,d' - p$, comme une première approximation du poids m de mercure qui devra être employé comme lest.

Cette approximation est très-suffisante pour décider quelle boule de lest il faut choisir.

Sauf quelques exceptions pour des aréomètres de fantaisie, je crois qu'il est bon de n'employer pour la boule de lest que trois diamètres, savoir :

1c,60	pour la plus petite ; elle pourra contenir jusqu'à		20gr.	de mercure
2,00	pour la moyenne ;	*id.*	40	*id.*
2,20	pour la plus grande ;	*id.*	50	*id.*

La valeur approchée de m, dont nous venons de parler, fera connaître quel est celui de ces trois diamètres qu'il faut employer.

Pour le tube de jonction, auquel j'attribue une longueur ordinaire d'environ 3 centimètres, on appréciera aisément

les cas où cette longueur devra être portée à 5 ou à 6 ou même à 7 centimètres.

Quand on aura, d'après les indications précédentes, choisi la boule de lest et le tube de jonction, la somme de leurs volumes se retranchera de la valeur trouvée pour u', le reste sera enfin le volume du réservoir supérieur.

Alors on a recours à la table 2, pour trouver les tubes qui peuvent y être employés et la longueur l' qu'il faut donner au cylindre d'après le diamètre choisi $2r'$.

L'enveloppe ainsi fabriquée se prépare pour la graduation comme il a été dit précédemment :

1° On la pèse nue pour avoir son poids effectif p.

2° On l'équilibre dans l'eau à 15° avec de la grenaille de plomb, on la pèse avec ce lest provisoire, et le poids obtenu P' est adopté comme première approximation de son volume V.

3° On forme le poids :

$$P'' = Vd = P'd,$$

pour en obtenir le lest :

$$m = P'' - p - h.$$

4° On introduit dans la boule de lest ce poids m de mercure, et enfin on scelle à sa partie supérieure le tube de jonction.

17. *Graduation générale, moyens de trouver les pertes de poids f, f'.* Nous avons à dessein considéré le premier problème dans toute sa généralité, maintenant, pour en compléter la solution, nous avons à parler de la graduation, non plus sur quelques cas particuliers comme nous l'avons

fait (13), mais en la considérant aussi dans son application la plus générale.

La graduation proprement dite se réduit toujours à trois pesées.

La première se fait dans l'air ; elle donne le poids effectif P de l'aréomètre.

La 2e et la 3e se font dans l'eau distillée à 15° de température, pour obtenir les deux points précis de la tige où doivent être marqués le degré supérieur n et le degré inférieur n'.

C'est par l'effet même de ces pesées que se rectifient d'une manière rigoureuse et absolue toutes les approximations dont il a été permis de faire usage dans les opérations précédentes.

P étant le poids juste de l'aréomètre, son volume V doit satisfaire à l'équation (3).

$$V\delta = \frac{P}{d}.$$

Si le trait du degré supérieur était marqué, il arriverait qu'en pesant l'aréomètre dans l'eau à 15°, d'une manière exacte et à l'affleurement de ce trait, l'eau déplacée aurait un volume V et un poids Vδ, la perte de poids f serait donc

$$f = V\delta = \frac{P}{d}.$$

Réciproquement si, après avoir équilibré l'aréomètre, on ajoute, dans le bassin qui le porte, le poids f, et qu'après l'avoir fait plonger dans l'eau, on cherche, en variant le niveau, la position exacte du nouvel équilibre, l'affleurement ainsi obtenu sera le point juste où doit être marqué le degré supérieur.

Il en est de même du degré inférieur ; le volume u' doit satisfaire à l'équation (4)

$$u'\delta = \frac{P}{d'},$$

et c'est avec la perte de poids

$$f' = u'\delta = \frac{P}{d'}$$

que l'on trouve le point juste où doit être écrit le degré inférieur.

Toute la difficulté se réduit donc à former aisément les valeurs rigoureuses de f et de f'.

Le tableau qui termine ce chapitre, page 40, en fournit les moyens; il se compose de trois colonnes.

La 1re contient les degrés de l'aréomètre;

La 2e contient les densités d correspondant à chaque degré;

La 3e contient les valeurs de $\frac{1}{d}$; c'est là que se trouvent les deux facteurs ou coefficients par lesquels il faut multiplier le poids P de l'aréomètre pour avoir f et f'; on va chercher ces facteurs avec le degré supérieur n et avec le degré inférieur n' qui sont donnés.

On peut remarquer que, si n et n' sont des multiples de 3, les multiplicateurs de P seront composés de 2 chiffres au plus et que les pertes de poids f et f' s'obtiendront alors par une multiplication des plus simples.

Par conséquent, si la course de l'aréomètre est comprise dans la série des nombres 6, 9, 12, etc., et que l'un des degrés extrêmes soit multiple de 3, l'autre le sera pareillement, et les pertes de poids f et f' s'obtiendront plus rapidement que dans le cas général.

18. *Exemples.* — Pour faciliter l'application de ces principes généraux, nous donnerons ici quelques exemples numériques.

Premier exemple. On veut construire un aréomètre allant de $0°$ à $75°$; ainsi $n=0$, $n'=75$ et $n'-n=75$.

On cherche d'abord $k-1$ par l'équation (A'),

$$k-1=\frac{150-n'}{n'+n};\quad k-1=1;\quad k=2.$$

Pour cette très-petite valeur de k il faut prendre la plus grosse tige $2r=1^c$; son volume normal d'après la table 1 est $u=11,782$, et puisque $k-1=1$, on aura de même $u'=11,782$.

n' étant $75°$, on a $d'=2$ et $u'd'=23,564$. Le poids de l'aréomètre sera donc d'environ 23 à 24^{gr}.

Le poids de la tige est 6^{gr},3, celui de la carène u' d'environ 4^{gr},6; ainsi $m=23^{gr},6-10,9=12,7$, $12^{gr}7$: on prendra donc la plus petite boule pour le lest; en même temps il sera nécessaire de porter le tube de jonction à 6 ou 7^c de longueur. On aura ainsi pour la somme de leurs volumes $2,15+1,40=3,55$. Ce nombre retranché de u' donne $11,78-3,55=8,23$ pour le volume du réservoir supérieur.

La table 2 fait voir qu'il peut se construire avec des tubes de diamètres $2r'=1,8$ en prenant $l'=2^c,1$, ou avec des tubes $2r'=1,48$ en prenant $l'=4^c,0$, ou avec des tubes intermédiaires en prenant aussi des longueurs intermédiaires.

Quand la carène est soufflée, on cherche le poids p de l'enveloppe et son volume V; celui-ci s'obtient en chargeant avec de la grenaille de plomb et en équilibrant dans l'eau à $2^c,5$ du haut de la tige; le poids P' de l'enveloppe ainsi chargée est pris pour son volume V.

Ici $n=0$, $d=1$, et $Vd=P'=P''$, par suite $m=P'-p-h$.

On introduit ce poids m de mercure dans la boule de lest et on scelle le tube de jonction à sa partie supérieure, pour

procéder ensuite à la graduation, comme nous l'avons expliqué tout à l'heure.

Deuxième exemple. On veut construire un aréomètre allant de o à 50° ; ainsi $n = 0$, $n' = 50°$, et $n' - n = 50$.

On trouve

$$k - 1 = \frac{150 - n'}{n' - n} = \frac{100 - 50}{50} = 2, \quad \text{et } k = 3.$$

il est facile de voir que, si l'on prenait encore la tige $2r = 1$, on serait obligé de prendre la boule de lest moyenne $2r'' = 2^c,0$; mais avec une tige plus petite, par exemple $2r = 0,8$, on peut prendre la petite boule $2r'' = 1^c,6$.

En effet $u = 7,54$, $u' = 2u = 15.08$, $u'd' = 22,62$.

Le poids de la tige est $5^{gr.},0$, celui de la carène 5,4 ; leur somme 10,4, retranchée de $u'd'$, donne $m = 12,2$; poids de mercure qui peut être contenu dans la petite boule.

Il faudra donner au tube de jonction 5 ou 6^c de longueur, alors la somme des volumes de la boule et du tube étant $2,15 + 1,20 = 3,35$, le volume du réservoir supérieur sera $15,08 - 3,35 = 11,73$.

La table 2 fait voir que l'on peut le construire avec des tubes dont les diamètres sont compris entre $2r' = 2,10$ et $2r' = 1,72$.

La carène étant soufflée après la tige, l'opération s'achève comme il vient d'être dit.

Troisième exemple. On veut construire un aréomètre allant de 33 à 48° ; ainsi $n = 33$, $n' = 48$; $n' - n = 15°$, les degrés auront par conséquent 10 millimètres de longueur.

$$k - 1 = \frac{150 - 48}{15} = \frac{102}{15} = 6,8;$$

On choisira une tige mince, par exemple $2r = 0,60$, $u = 4,24$ et $u' = 28,83$. Alors $u'd' = 42,38$.

Le poids de la tige est 3,8, celui de la carène 7,7; leur somme 11,5, étant retranchée de $u'd'$, donne $m = 30^{gr.},9$ environ; on prendra la boule moyenne $2r'' = 2,0$.

Il suffira de donner au tube de jonction 3^c de longueur, alors la somme des volumes de la boule et du tube étant $4,2 + 0,6 = 4,8$, le volume du réservoir supérieur sera $28,8 - 4,8 = 24^c$.

La table 2 fait voir que l'on peut le construire avec des tubes dont les diamètres sont compris entre $2r' = 2^c,82$ et $2r' = 2,34$; avec le premier, la longueur l' de la partie cylindrique serait de $2^c,0$, et avec le second de $4^c,0$.

La carène étant soufflée, l'opération s'achève comme il a été dit 16 et 17. Ces exemples suffisent pour montrer avec quelle facilité on résout le premier problème dans tous les cas possibles et sans aucun tâtonnement.

19. *Solution du dernier problème.* Le dernier problème est plus théorique que pratique: on n'a guère d'occasion de demander un aréomètre qui marque tel degré supérieur, ou tel degré inférieur, et dont la carène ait de plus un volume déterminé par rapport à celui de la tige.

Cependant, si cette occasion se présentait pour des recherches particulières, le problème se résoudrait encore par les équations (A) et (A'), qui prennent alors la forme

$$n = \frac{kn' - 150}{k - 1}, \quad n' = \frac{150 + n\,(k - 1)}{k}.$$

On se servirait de la première ou de la seconde suivant que le degré donné avec k serait le degré inférieur ou le degré supérieur.

Seulement il pourrait bien arriver que le degré trouvé par l'une ou l'autre de ces équations ne fût pas un nombre entier, ce qui rendrait la graduation un peu plus difficile.

20. *Cas où il y a plusieurs solutions.* Nous avons vu (14) que, parmi les quatre quantités k, n, n', et $n' - n$, s'il y en a deux qui soient inconnues, le problème reçoit plusieurs solutions, puisque les deux inconnues se trouvent alors liées entre elles et dépendantes l'une de l'autre.

Les inconnues ne peuvent être que n et n', ou n et k, ou enfin n' et k; ce qui constitue trois problèmes différents.

1° Une enveloppe d'aréomètre étant donnée, trouver les aréomètres auxquels elle est propre.

2° Construire un aréomètre qui marque un degré inférieur donné.

3° Construire un aréomètre qui marque un degré supérieur donné.

Nous allons indiquer rapidement les solutions de ces problèmes.

21. Premier problème. — *Une enveloppe d'aréomètre étant donnée, trouver les aréomètres auxquels elle est propre.* Une enveloppe donnée ne peut pas convenir à tout aréomètre demandé, mais, suivant le lest qui lui sera appliqué, elle peut convenir à un grand nombre d'aréomètres différents.

Quels sont ces aréomètres? dans quelles limites sont-ils renfermés?

Admettons que la longueur de la tige soit de 20 centimètres, admettons de plus que la carène ait les formes voulues et que les conditions de stabilité se trouvent remplies.

Alors toute la question dépend de la valeur de k ou du rapport $\frac{V}{u}$.

On prendra donc le diamètre de la tige avec le calibre Palmer, comme il a été dit, et la table 1 donnera la valeur de u correspondante.

Ensuite, cette enveloppe, lestée avec de la grenaille de plomb, sera mise en expérience dans l'eau à 15° et chargée jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 25 millimètres de la tige au-dessus du niveau; retirée, essuyée et pesée, son poids P' sera pris en centimètres cubes pour la valeur de V.

Le quotient $\frac{V}{u}$ sera la valeur de k; on la portera dans les équations (A) et (A') en faisant dans la première $n = 0$, et dans la seconde $n' = 100$, pour tirer ensuite de chacune la valeur de $n' - n$; celle de l'équation (A) sera la course maximum; celle de l'équation (A') sera la course minimum.

Tous les aréomètres que comporte l'enveloppe dont il s'agit seront compris entre ces deux limites; il reste à choisir, par d'autres considérations, soit par l'étendue de la course elle-même, soit par le degré supérieur, soit par le degré inférieur, celui de ces appareils auquel on veut donner la préférence.

Le tableau suivant donne ces courses maximums et minimums pour les valeurs de k comprises entre 2 et 8; on s'est borné à les faire croître de 5 dixièmes en 5 dixièmes; d'après les considérations indiquées article 11, il a semblé inutile de les faire croître à intervalles plus rapprochés.

TABLEAU INDIQUANT LES COURSES MAXIMUMS ET MINIMUMS
D'APRÈS LES VALEURS DE k.

VALEURS de k	COURSES MAXIMUMS			COURSES MINIMUMS		
	$n' - n$	n	n'	$n' - n$	n	n'
2,0	75	0	75	50	50	100
2,5	60	0	60	33	66	99
3,0	50	0	50	25	75	100
3,5	42	3	45	20	80	100
4,0	37	2	39	17	82	99
4,5	33	2	35	15	82	97
5,0	30	0	30	13	85	88
5,5	27	2	29	12	88	96
6,0	25	0	25	10	90	100
6,5	23	1	24	10	85	95
7,0	21	3	24	9	87	96
7,5	20	0	20	8	90	98
8,0	18	6	24	8	88	96

On voit par exemple que, si l'enveloppe proposée a donné $k = 3$, elle est propre à faire des aréomètres dont la course est comprise entre 50 degrés et 25 degrés; dans le premier cas on a $n = 0$, $n' = 50$; dans le second cas, $n = 75$ et $n' = 100$.

On peut donc lui imposer aussi les courses de 30 degrés ou de 40 degrés. Alors l'équation (A) donne

$$n = 60 \quad \text{et} \quad n' = 90 \quad \text{ou} \quad n = 30 \quad \text{et} \quad n' = 70.$$

A mesure que k augmente, les courses maximums et minimums vont en diminuant et en se rapprochant. Pour

$k = 6$, la course maximum se réduit à 25, et la course minimum à 10. On ne peut plus approprier l'enveloppe qu'à des aréomètres dont les courses sont plus petites que 25 et plus grandes que 10.

Dans tous les cas, après avoir adopté la course que l'on veut donner à l'instrument, les équations (A) et (A′) donnent les valeurs de n et de n'; alors tout est connu, et il ne reste plus qu'à déterminer la valeur de m et à faire la graduation comme nous l'avons dit dans les exemples précédents.

22. Deuxième problème. — *Construire un aréomètre qui marque un degré inférieur donné.* Quand on se propose de construire un aréomètre dont le degré inférieur n' est seul donné, la course $n' - n$ que peut recevoir l'instrument et la valeur de k sont liées entre elles par la relation

$$(k-1)\ (n'-n) = 150 - n'.$$

En attribuant à k l'une des valeurs précédentes, 2; 2,5; 3....8, on en tire les valeurs de $n' - n$, qui peuvent satisfaire à l'équation.

Le tableau suivant contient les résultats, en donnant à n' les valeurs de 10 en 10 depuis 30 à 70; il contient pareillement les valeurs de n qui se déduisent de la course correspondante.

VALEURS de k	DEGRÉS INFÉRIEURS									
	$n' = 30$		$n' = 40$		$n' = 50$		$n' = 60$		$n' = 70$	
	COURSE $n' - n$	DEGRÉ supérieur n	COURSE $n' - n$	DEGRÉ supérieur n	COURSE $n' - n$	DEGRÉ supérieur n	COURSE $n' - n$	DEGRÉ supérieur n	COURSE $n' - n$	DEGRÉ supérieur n
2,0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2,5	»	»	»	»	»	»	60	0	53	17
3,0	»	»	»	»	50	0	45	15	40	30
3,5	»	»	»	»	40	10	36	24	32	38
4,0	»	»	36	4	33	17	30	30	26	44
4,5	»	»	31	9	28	22	25	35	22	48
5,0	30	0	27	13	25	25	22	38	20	50
5,5	26	4	24	16	22	28	20	40	17	53
6,0	24	6	22	18	20	30	18	42	16	54
6,5	21	9	20	20	18	32	16	44	14	56
7,0	20	10	18	22	16	34	15	45	13	57
7,5	18	12	16	24	15	35	13	47	12	58
8,0	17	13	15	25	14	36	12	48	11	59

Ce tableau peut être utile au constructeur, en ce que, le degré inférieur étant donné, il aperçoit d'un coup d'œil entre quelles limites il doit maintenir la carène pour arriver à une course donnée.

On veut, par exemple, construire pour les sirops un aréomètre dont le degré inférieur soit 50, on souhaite que la course soit seulement de 20 degrés, afin que la longueur du degré soit d'environ 7 à 8 millimètres.

Le tableau fait voir que ces conditions exigent $k = 6$. On

choisit donc une tige de diamètre $2r = 0,59$; alors on a

$$u = 4,1, \quad u' = 24,6, \quad u'd' = 36,9.$$

La table 3 donne pour le poids de la tige $3^{gr.},8$, pour celui de la carène $7^{gr.},0$; leur somme 10,8, retranchée de $u'd'$, donne pour valeur approchée du lest $26^{gr.},1$; ainsi il faudra employer la boule moyenne.

Le volume de celle-ci est 4,2, celui du tube de jonction ordinaire de 3^c de longueur est 0,6; leur somme $4^c,8$, retranchée de u', donne pour le réservoir supérieur 19.8.

La table 2 montre que ce réservoir se fait avec un tube $2r' = 2,6$ en prenant $l' = 2,0$.

Telles sont les données pour fabriquer une enveloppe qui remplisse les conditions demandées.

Si l'on veut pour l'acide sulfurique construire un aréomètre dont le degré inférieur soit 70° et dont la course soit seulement de 12°, afin que la longueur du degré soit de plus de 10 millimètres;

Le tableau fait voir que ces conditions exigent $k = 7,5$.

On choisira donc une tige ayant, par exemple, un diamètre $2r = 0,51$; alors

$$u = 3,0 \quad \text{et} \quad u' = 22,5; \quad u'd' = 42,2.$$

La table 3 donne pour le poids de la tige $3^{gr.},2$, pour celui de la carène $6^{gr.},6$; leur somme $9^{gr.},2$, retranchée de $u'd'$, donne $33^{gr.},0$ pour la valeur approchée du lest.

On se servira donc de la boule moyenne et du tube de jonction ordinaire de 3^c de longueur; la somme de leurs volumes 4,8, retranchée de u', donne 17,7 pour volume du réservoir supérieur.

La table 2 fait voir qu'il peut se construire avec un tube de diamètre $2r' = 2{,}34$ en prenant $l' = 2^c{,}6$.

L'enveloppe une fois faite avec ces éléments, il ne restera plus qu'à trouver son poids p, son volume $V = P'$ et le véritable poids m du lest qui s'en déduit, article 16.

Alors, après avoir mis le mercure et scellé le tube de jonction, l'on procédera comme à l'ordinaire aux trois pesées de la graduation.

23. Troisième problème. — *Construire un aréomètre qui marque un degré supérieur donné.* Quand le degré supérieur est donné au lieu du degré inférieur, la dépendance qui existe entre la course et la valeur de k est donnée par la relation

$$k\,(n' - n) = 150 - n.$$

Le tableau suivant contient les résultats en attribuant à k les mêmes valeurs et en faisant varier le degré supérieur n de 10 en 10 depuis 20 jusqu'à 60; il contient en même temps les valeurs de n' qui se déduisent de la course correspondante.

VALEURS de *k*	DEGRÉS SUPÉRIEURS.									
	$n = 20$		$n = 30$		$n = 40$		$n = 50$		$n = 60$	
	COURSE $n' - n$	DEGRÉ inférieur n'	COURSE $n' - n$	DEGRÉ inférieur n'	COURSE $n' - n$	DEGRÉ inférieur n'	COURSE $n' - n$	DEGRÉ inférieur n'	COURSE $n' - n$	DEGRÉ inférieur n'
2,0	65	85	60	90	55	95	50	100	»	»
2,5	52	76	48	78	44	84	40	90	36	96
3,0	43	63	40	70	36	76	33	83	30	90
3,5	37	57	34	64	31	71	28	78	25	85
4,0	32	52	30	60	27	67	25	75	22	82
4,5	28	48	26	56	24	64	22	72	20	80
5,0	26	46	24	54	22	62	20	70	18	78
5,5	23	43	21	51	20	60	18	68	16	76
6,0	21	41	20	50	18	58	16	66	15	75
6,5	20	40	18	48	16	56	15	65	13	73
7,0	18	38	17	47	15	55	14	64	12	72
7,5	17	37	16	46	14	54	13	63	12	72
8,0	16	36	15	45	13	53	12	62	11	71

Ici les courses sont en raison inverse des valeurs de k, tandis que dans l'exemple précédent elles étaient en raison inverse des valeurs de $k - 1$.

Les exemples que nous avons donnés à l'article précédent nous dispensent d'entrer ici dans de plus amples détails.

TABLEAU POUR LA GRADUATION ET LA VÉRIFICATION DES ARÉOMÈTRES DONT LA CONSTANTE $a = 150$.

DEGRÉS.	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$	DEGRÉS.	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$	DEGRÉS.	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$
0	1,0000	1,0000	34	1,2931	0,7733	68	1,8293	0,5467
1	0067	0,9933	35	3043	7667	69	8518	5400
2	0135	9867	36	3158	7600	70	1,8750	0,5333
3	0204	9800	37	3274	7533	71	8987	5267
4	0274	9733	38	3393	7467	72	9231	5200
5	0345	9667	39	3513	7400	73	9481	5133
6	0417	9600	40	1,3636	0,7333	74	9737	5067
7	0489	9533	41	3762	7267	75	2,0000	5000
8	0563	9467	42	3890	7200	76	0270	4933
9	0638	9400	43	4019	7133	77	0548	4867
10	1,0714	0,9333	44	4151	7067	78	0833	4800
11	0790	9267	45	4286	7000	79	1127	4733
12	0869	9200	46	4423	6933	80	2,1428	0,4667
13	0949	9133	47	4563	6867	81	1739	4600
14	1030	9067	48	4706	6800	82	2059	4533
15	1111	9000	49	4851	6733	83	2388	4467
16	1194	8933	50	1,5000	0,6667	84	2727	4400
17	1278	8867	51	5151	6600	85	3077	4333
18	1364	8800	52	5306	6533	86	3437	4267
19	1451	8733	53	5464	6467	87	3809	4200
20	1,1539	0,8667	54	5625	6400	88	4194	4133
21	1628	8600	55	5790	6337	89	4590	4067
22	1719	8533	56	5957	6267	90	2,5000	0,4000
23	1811	8467	57	6129	6200	91	5424	3933
24	1905	8400	58	6304	6133	92	5862	3867
25	2000	8333	59	6484	6067	93	6316	3800
26	2097	8267	60	1,6667	0,6000	94	6786	3733
27	2195	8200	61	6854	5933	95	7273	3667
28	2295	8133	62	7045	5867	96	7778	3600
29	2396	8067	63	7241	5800	97	8301	3533
30	1,2500	0,8000	64	7442	5733	98	8846	3467
31	2605	7933	65	7647	5667	99	9412	3400
32	2712	7867	66	7857	5600	100	3,0000	0,3333
33	2821	7800	67	8072	5533			
34	2931	7733	68	8293	5467			

CHAPITRE IV.

VÉRIFICATION DES ARÉOMÈTRES ET CONCORDANCES.

24. *Vérification.* Les aréomètres construits et gradués par la nouvelle méthode peuvent être vérifiés par les mêmes moyens qui ont été employés à leur graduation.

Veut-on vérifier, par exemple, si le 30e degré, inscrit en un point quelconque de l'échelle de l'un de ces aréomètres, est rigoureusement à sa place; et, supposé qu'il n'y soit pas, veut-on découvrir de combien il est en erreur?

On procède de la manière suivante.

On cherche d'abord le poids P de l'instrument en le suspendant, par le haut de sa tige, au tube de caoutchouc qui s'accroche sous le bassin de la balance. Ce poids une fois trouvé, on conserve soigneusement la tare de l'autre bassin et l'on suspend de nouveau l'aréomètre au tube de caoutchouc pour en faire une seconde pesée dans l'eau à 15° de température.

Soit x le volume de l'instrument qui correspond au 30e degré, c'est en centimètres cubes le volume qui est déplacé dans le liquide où le 30e degré est à l'affleurement; d étant la densité correspondante, le poids de 1c cube de ce liquide à 15° est $d\delta$, δ représentant comme précédemment le poids de 1c cube d'eau à 15°.

Le poids du liquide déplacé, quand l'aréomètre marque 30 degrés, est donc $d\delta x$, et l'on doit avoir

$$\delta x = \frac{P}{d}.$$

Lorsque la pesée se fera dans l'eau à 15° de température en mettant à l'affleurement le 30e degré, le volume déplacé sera pareillement x, et le poids φ de ce volume d'eau déplacé sera $\varphi = \delta\, x$. On a donc :

$$\varphi = \frac{P}{d}.$$

Réciproquement, si l'on met le poids φ dans le bassin qui porte l'aréomètre et qu'en variant le niveau de l'eau on cherche le point où l'équilibre est rétabli, il faudra que le 30e degré se trouve à l'affleurement, s'il a été inscrit sur la tige au point précis où il devait l'être.

S'il s'y trouve en effet, le 30e degré est exact.

Si, au lieu du 30°, on lit à l'affleurement 29°,7, l'aréomètre est inexact, du moins dans cette région-là, il enfonce trop et marque des densités trop faibles de 3 dixièmes de degré.

Si, au contraire, on lit à l'affleurement 30°,4, l'aréomètre est encore inexact, il n'enfonce pas assez et marque des densités trop fortes de 4 dixièmes de degré.

La perte de poids $\varphi = \frac{P}{d}$ se forme au moyen du tableau de graduation et de vérification, page 832, où se trouvent les valeurs de $\frac{1}{d}$, coefficient ou facteur du poids P de l'instrument. Pour le 30e degré $\frac{1}{d} = 0{,}8$; ainsi le poids doit ici être multiplié par 0,8; pour le 24e degré $\frac{1}{d} = 0{,}84$, pour le 36e degré $\frac{1}{d} = 0{,}76$, etc., etc.

Cet exemple suffit pour montrer la simplicité et l'exactitude de la vérification.

Nous venons de supposer que, dans la vérification, l'erreur s'estime sur l'échelle même de l'aréomètre, en appréciant à vue le nombre des dixièmes de degré dont l'affleurement s'écarte de ce qu'il devrait être ; c'est en effet le moyen le plus rapide; cependant il peut y avoir dans cette estime quelque chose d'incertain, et voici ce qu'il y aurait de plus simple et de plus incontestable pour lever tous les doutes.

Ce serait de mettre à l'affleurement le degré qu'il s'agit de vérifier; soit alors φ' le poids qu'il a fallu pour cela ajouter dans le bassin de la balance, φ étant toujours le poids théorique, c'est-à-dire celui qui est donné par la formule

$$\varphi = \frac{P}{d}.$$

L'erreur de l'instrument serait donc le poids $\varphi - \varphi'$, qu'il s'agit seulement de transformer en degré.

Or rien n'est plus simple : dans les aréomètres à degrés égaux, la différence des poids qui correspond à deux degrés consécutifs est partout la même et égale à $\frac{P}{a}$, a étant la constante de la graduation, qui est ici égale à 150. On aura donc

$$\frac{P}{a} : 1^\circ :: \varphi - \varphi' : x \quad \text{et} \quad x = (\varphi - \varphi') : \frac{P}{a}.$$

x est alors en fraction de degré l'erreur du degré qui est soumis à la vérification ; on en trouvera la valeur en divisant la différence observée $\varphi - \varphi'$ par $\frac{P}{a}$ qui représente ici les $\frac{3}{2}$ du centième du poids P de l'aréomètre.

25. *Vérifications des aréomètres de Baumé.* On comprend

que le même principe s'applique avec la même rigueur à tous les aréomètres ; seulement, il faut connaître la règle d'après laquelle ils ont été gradués ; car la vérification d'un instrument ne peut avoir d'autre but que de constater s'il est ou s'il n'est pas conforme à sa règle.

Or il y a plusieurs règles pour l'aréomètre de Baumé, parmi lesquelles deux me semblent dominantes, savoir, celle qui adopte avec M. Francœur la constante 152, et celle qui adopte avec plusieurs constructeurs la constante 144,3.

Les deux pages suivantes (837 et 838) contiennent les deux tableaux qui se rapportent à ces aréomètres et qui en rendront la vérification plus prompte et plus facile.

26. *Concordance.* Les trois aréomètres dont nous venons de parler, caractérisés par leur constante :

$$a = 150$$
$$a_1 = 152$$
$$a_2 = 144{,}3$$

mis en expérience dans le même liquide, marqueront des degrés différents n, n_1, n_2 ; en supposant la graduation de ces instruments également parfaite, leurs degrés respectifs liés entre eux par les formules précédentes doivent avoir des valeurs relatives exprimées par les équations suivantes :

$$n_1 = \frac{152}{150} \cdot n \quad \text{d'où} \quad n_1 = 1{,}0133 \,.\, n; \quad n = 0{,}9868 \,.\, n_1$$

$$n_2 = \frac{144{,}3}{150} \cdot n \quad \text{d'où} \quad n_2 = 0{,}962 \,.\, n; \quad n = 1{,}0395 \,.\, n_2$$

$$n_1 = \frac{152}{144{,}3} \cdot n_2 \quad \text{d'où} \quad n_1 = 1{,}0533 \,.\, n_2; \quad n_2 = 0{,}9493 \,.\, n_1.$$

TABLEAU POUR LA VÉRIFICATION DE L'ARÉOMÈTRE DE BAUMÉ

CONSTANTE $a = 152$

DEGRÉS. *a*	DENSITÉS. *d*	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$	DEGRÉS. *n*	DENSITÉS. *d*	COEFFCIIENTS. $\frac{1}{d}$	DEGRÉS. *n*	DENSITÉS. *d*	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$
0	1,0000	1,0000	34	1,2881	0,7763	68	1,8095	0,5526
1	0066	0,9934	35	2991	7698	69	8313	5461
2	0133	9868	36	3103	7632	70	8537	5395
3	0201	9803	37	3217	7566	71	8765	5329
4	0270	9737	38	3334	7500	72	9000	5263
5	0340	9671	39	3451	7434	73	9240	5197
6	0411	9605	40	3571	7369	74	9487	5132
7	0488	9540	41	3694	7303	75	9740	5066
8	0556	9474	42	3818	7237	76	2,0000	5000
9	0629	9408	43	3945	7171	77	0267	4934
10	0704	9342	44	4074	7105	78	0540	4868
11	0780	9276	45	4206	7039	79	0822	4803
12	0857	9211	46	4339	6974	80	1111	4737
13	0935	9145	47	4476	6908			
14	1014	9079	48	4615	6842			
15	1095	9013	49	4757	6776			
16	1176	8947	50	4902	6711			
17	1259	8882	51	5049	6645			
18	1343	8816	52	5200	6579			
19	1428	8750	53	5353	6513			
20	1515	8684	54	5510	6448			
21	1603	8618	55	5670	6382			
22	1692	8553	56	5833	6316			
23	1783	8487	57	6000	6250			
24	1875	8421	58	6117	6184			
25	1969	8355	59	6344	6118			
26	2064	8290	60	6522	6053			
27	2160	8224	61	6703	5987			
28	2258	8158	62	6889	5921			
29	2358	8092	63	7078	5855			
30	2459	8026	64	7273	5790			
31	2562	7961	65	7471	5724			
32	2667	7895	66	7674	5658			
33	2773	7829	67	7882	5592			
34	2881	7763	68	8095	5526			

TABLEAU POUR LA VÉRIFICATION DE L'ARÉOMÈTRE DE BAUMÉ

CONSTANTE $a = 144,3$

DEGRÉS. n	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$	DEGRÉS. n	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$	DEGRÉS. n	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS. $\frac{1}{d}$
0	1,0000	1,0000	30	1,2625	0,7921	60	1,7118	0,5842
1	0070	0,9931	31	2736	7852	61	7333	5773
2	0141	9861	32	2850	7782	62	7524	5703
3	0212	9792	33	2965	7713	63	7749	5634
4	0285	9723	34	3081	7644	64	7970	5565
5	0359	9653	35	3202	7574	65	8197	5496
6	0434	9584	36	3324	7505	66	8429	5426
7	0510	9515	37	3448	7436	67	8668	5357
8	0587	9446	38	3575	7366	68	8912	5288
9	0665	9376	39	3704	7297	69	9164	5218
10	0745	9307	40	3836	7228	70	9421	5149
11	0825	9238	41	3969	7159	71	9686	5080
12	0907	9168	42	4106	7089	72	9958	5010
13	0990	9099	43	4245	7020	73	2,0238	4941
14	1075	9030	44	4387	6951	74	0537	4872
15	1160	8961	45	4532	6881	75	0823	4802
16	1247	8891	46	4680	6812	76	1127	4733
17	1336	8822	47	4841	6743	77	1441	4664
18	1425	8753	48	4985	6674	78	1765	4595
19	1517	8683	49	5142	6604	79	2098	4525
20	1609	8614	50	5302	6535	80	2442	4456
21	1704	8545	51	5467	6166			
22	1799	8475	52	5644	6396			
23	1896	8406	53	5805	6327			
24	1995	8337	54	5980	6258			
25	2096	8267	55	6159	6189			
26	2198	8198	56	6342	6119			
27	2302	8129	57	6530	6050			
28	2408	8060	58	6721	5981			
29	2515	7990	59	6917	5911			
30	2625	7921	60	7118	5842			

CHAPITRE V.

APPLICATION DE LA MÉTHODE A L'ARÉOMÈTRE A DEGRÉS ÉGAUX DESTINÉ AUX LIQUIDES MOINS PESANTS QUE L'EAU.

27. *Formules.* Les aréomètres à degrés égaux destinés aux liquides moins pesants que l'eau marquent des degrés qui sont liés aux densités par la formule

$$d = \frac{a}{a+n}$$

d étant la densité,

n le nombre de degrés,

a la constante.

J'adopte ici la constante $a = 200$, parce qu'elle a le double avantage de simplifier quelques calculs et de rendre plus commode la subdivision des degrés de l'échelle.

La forme générale de l'aréomètre précédent est conservée, avec la tige de 20 centimètres de longueur dont 15 centimètres sont moyennement destinés à porter les divisions.

Les lettres V, u, u' et k entrent pareillement dans les formules avec les mêmes significations.

Le tableau de la page 848 contient la densité qui correspond à chaque degré, il s'étend depuis le degré 0, densité 1, jusqu'au degré 60, densité 0,7692.

La densité 1 est, comme à l'ordinaire, celle de l'eau à la température de 15°.

On voit, d'après ce tableau, que la densité 0,7947, qui appartient à l'alcool absolu, se trouve comprise entre 51 et 52 degrés, et qu'elle correspond à 51°,7.

La méthode de graduation ayant l'avantage de se prêter à tous les fractionnements de l'échelle, il serait bon, je crois, de donner aux degrés une longueur de 7 ou 8 millimètres, et pour cela de subdiviser l'échelle alcoolique en trois parties, savoir :

L'aréomètre n° 1, *aréomètre des eaux-de-vie*, s'étendant seulement de 0 à 20 degrés, ou de la densité 1 à la densité 0,9133, ou de 0 à 62 degrés centésimaux, de l'alcoomètre.

L'aréomètre n° 2, *aréomètre des esprits*, s'étendant de 20 à 40 degrés, ou de la densité 0,9133 à la densité 0,8333, ou de 62 à 90 degrés centésimaux.

L'aréomètre n° 3, *aréomètre des esprits forts*, s'étendant de 40 à 55 degrés, ou de la densité 0,8333 à la densité 0,7843, ou de 90 jusqu'au-delà de 100 degrés centésimaux.

Le n° 1 et le n° 2 ayant ainsi des degrés de 7 ou 8 millimètres de longueur, et le n° 3 des degrés de 10 millimètres, on pourra partout écrire le $\frac{1}{5}$ de degré et très-facilement lire le $\frac{1}{10}$ de degré dans l'observation de l'affleurement.

L'échelle alcoolique se trouve de la sorte subdivisée en plus de 500 parties que l'observateur peut distinguer expérimentalement.

Supposons l'aréomètre construit, désignons toujours par P son poids, par n le degré supérieur, qui est ici le plus grand, par n' le degré inférieur, par u le volume normal de la tige,

par u' celui de la carène, par V le volume total à partir du degré supérieur; on aura

$$V = u' + u$$

et les formules de l'équilibre resteront aussi les mêmes, savoir :

$$V\delta d = P, \qquad u'\delta d' = P.$$

Mais, en remplaçant les densités d et d' par leurs expressions en degrés

$$d = \frac{200}{200+n}, \qquad d' = \frac{200}{200+n'},$$

les équations fondamentales (A) et (A') de la page 814 deviendront

$$k = \frac{200+n}{n-n'} \ldots (A_1), \qquad (k-1) = \frac{200+n'}{n-n'} \ldots (A'_1)$$

Alors la valeur de k, qui est comme la caractéristique de l'aréomètre, sera

Pour le n° 1,	$k = 11$
Pour le n° 2,	$k = 12$
Pour le n° 3,	$k = 17$.

28. *Construction des enveloppes.* Ces grandes valeurs de k font connaître qu'il ne faut employer que des tiges minces à la construction de ces aréomètres, sous peine d'arriver à des volumes de carènes par trop considérables.

Il sera donc convenable de choisir les tiges dans les petits diamètres de la table I, page 871; même, en restreignant les tiges à ces petits diamètres, il devient souvent nécessaire de construire les réservoirs supérieurs avec des tubes d'un diamètre plus grand que 3 centimètres; c'est surtout dans cette vue que la table II, pages 872 à 885, a été portée jusqu'à $2r' = 3{,}72$; de plus, dans les trois dernières pages, la lon-

gueur cylindrique l' a été portée jusqu'à 6 centimètres, mais alors elle croît de 2 en 2 millimètres.

La boule de lest sera en général celle de $2^{c}{,}2$ de diamètre, et le tube de jonction pourra être porté à $0^{c}{,}6$ de diamètre sur 2^{c} à $2^{c}{,}5$ de longueur définitive. Ainsi la somme des volumes à retrancher de u' pour avoir le volume du réservoir supérieur sera en général 6,14, tandis qu'elle n'est que de 4,8 lorsqu'on emploie pour le lest la boule moyenne de $2^{c}{,}0$ de diamètre, avec le tube de jonction de $0^{c}{,}5$.

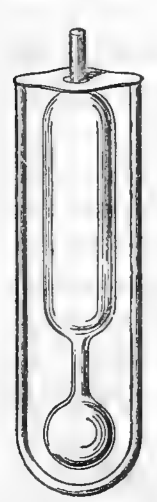
Les explications antérieures, chapitres III et IV, nous dispensent d'entrer ici dans beaucoup de détails; cependant je vais donner comme exemple la construction de l'aréomètre n° 3, parce que c'est celui qui s'écarte le plus des aréomètres dont j'ai parlé jusqu'à présent.

On veut faire l'aréomètre n° 3 avec une tige $2r = 0{,}54$ et $u = 3{,}435$; puisque $k = 17$ on aura $V = 58{,}395$; $u' = 54{,}96$, en retranchant de u' les 6,14 de la boule de lest il reste 48,82 pour le réservoir supérieur; il peut se construire avec $2r' = 3{,}18$ en prenant $l' = 4^{c}{,}0$.

Cette enveloppe faite, on se conforme à ce qui a été dit, article 12, pages 810 et 811, pour trouver le poids de mercure qui doit faire le lest; on l'introduit; on scelle le tube de jonction, et l'appareil est prêt pour la graduation.

29. *Chape et graduation.* Les aréomètres de cette espèce doivent être flottants dans les mélanges alcooliques, il n'est donc plus possible de les peser directement dans l'eau en mettant à l'affleurement divers points de la tige; mais ces pesées, nécessaires à la graduation, deviennent faciles au moyen d'une chape représentée dans la figure ci-contre.

C'est un fil de laiton de 3 ou 4 millimètres de diamètre, recourbé en U et terminé en haut par une plaque mince percée d'un trou dont les bords s'appuient sur le sommet du réservoir.



Cette chape pèse 30 ou 40 grammes, elle peut être argentée ou dorée afin de mieux conserver son poids et d'avoir toujours une surface nette qui se mouille également bien. On la pèse dans l'air pour déterminer son poids G et ensuite dans l'eau à 15° de température; la différence H de ces deux pesées est la perte de poids qu'elle fait dans l'eau; cette perte est déterminée une fois pour toutes; il est bon de marquer ces deux nombres G et H sur la plaque ou sur les branches de la chape.

Pour procéder à la graduation de l'aréomètre on le revêt de sa chape, on le suspend comme à l'ordinaire au bassin de la balance avec un bout de tube de caoutchouc, et de la pesée on retranche le poids G de la chape afin d'avoir le poids P de l'aréomètre lui-même.

Les deux pesées suivantes se font dans l'eau à 15°, l'une pour marquer le degré supérieur n, l'autre pour marquer le degré inférieur n'. Si la chape n'y était pas, les pertes de poids seraient seulement $\frac{P}{d}$ et $\frac{P}{d'}$.

Le tableau qui termine ce chapitre (p. 848) contient dans sa troisième colonne les 60 valeurs de $\frac{1}{d}$, on va y chercher les deux multiplicateurs de P.

Mais à chacune de ces pertes de poids qui sont propres à

l'instrument lui-même il faut ajouter la perte de poids constante H qui est propre à la chape; les pertes de poids f, f' sont donc ici

$$f = \frac{P}{d} + H, \qquad f' = \frac{P}{d'} + H.$$

Tels sont les poids qu'il faut ajouter dans le bassin pour trouver les deux points d'affleurement où doivent se marquer le degré supérieur et le degré inférieur.

Ces deux pesées doivent se faire à une température comprise entre 13 et 17 degrés centigrades; pour peu que l'on sorte de ces limites il y aurait des erreurs à craindre.

On doit aussi avoir grand soin pour le degré inférieur que la tige ne soit pas mouillée dans toute sa longueur, mais seulement de 10 à 15 millimètres au-dessus du niveau.

30. *Équations générales.* Les équations (A_1) et (A_1') font voir que, pour une valeur donnée de k, la course $n - n'$ de l'aréomètre ne peut varier que de 2 ou 3 degrés; ainsi, pour $k = 10$, la course serait de 25° si le degré supérieur est 55, et seulement de 22° si le degré inférieur est 0. Il en résulte que, pour une enveloppe donnée, l'augmentation ou la diminution du lest ne modifient que très-peu l'étendue de la course, seulement les degrés de l'aréomètre se trouvent appartenir à des portions plus basses ou plus hautes de l'échelle.

Réciproquement, de l'étendue de la course on peut déduire à peu près la valeur de k, et par suite le volume de l'enveloppe.

Il n'y a donc pas lieu ici de dresser des tableaux analogues à ceux des articles 21, 22, 23.

Lorsqu'on voudra faire un aréomètre assujetti à avoir

telle ou telle étendue de course, ou à marquer tels ou tels degrés supérieurs ou inférieurs, il sera toujours facile de tirer la valeur de k des équations (A_1) et (A_1'); alors, après avoir choisi la tige et la valeur de u, il sera facile aussi de trouver dans les tables les éléments de l'enveloppe qui doit répondre à la question proposée.

31. *Vérification et concordance.* Les aréomètres dont nous venons de parler se vérifient par la méthode même qui sert à les graduer; nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit sur ce sujet, articles 17 et 24, et à ce qui vient d'être dit, article 29, pour ce qui regarde la chape; mêmes soins pour la température de l'eau où se font les pesées, et pour l'état d'humidité de la tige dans la portion qui est au-dessus du niveau.

Le tableau de la page 848 donne le coefficient $\frac{1}{d}$ qui doit multiplier P, pour obtenir la perte de poids soit dans la vérification, soit dans la graduation.

La concordance de ces aréomètres à degrés égaux avec l'alcoomètre centésimal ne présente aucune difficulté; les deux pages suivantes, 846 et 847, contiennent ces transformations.

Si l'aréomètre marque, par exemple, 40°,0, on trouve à droite, colonne 0, le nombre 90,4, qui est, en degrés centésimaux, la valeur correspondante; si l'aréomètre marque 40°,7, il faut aller à la colonne 7, où l'on trouve 91,1 pour la valeur correspondante en degrés de l'alcoomètre centésimal.

VALEUR DES DEGRÉS DE L'ARÉO

DEGRÉS de L'ARÉOMÈTRE.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,0	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,1	2,4	2,7
1	3,4	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,7	6,1	6,4
2	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,6	10,0	10,5
3	11,3	11,7	12,2	12,6	13,1	13,5	14,0	14,4	14,9
4	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,3	18,7	19,2	19,7
5	20,7	21,2	21,6	22,0	22,5	22,9	23,4	23,8	24,3
6	25,2	25,6	26,1	26,5	26,9	27,4	27,8	28,2	28,7
7	29,6	29,9	30,3	30,7	31,1	31,6	31,9	32,3	32,7
8	33,5	33,8	34,1	34,5	34,8	35,2	35,5	35,8	36,2
9	36,9	37,2	37,5	37,8	38,2	38,4	38,7	39,0	39,3
10	39,9	40,2	40,5	40,8	41,0	41,3	41,6	41,9	42,1
11	42,7	43,0	43,2	43,5	43,8	44,0	44,3	44,5	44,8
12	45,3	45,6	45,8	46,1	46,3	46,6	46,8	47,1	47,3
13	47,8	48,0	48,2	48,5	48,7	48,9	49,2	49,4	49,6
14	50,1	50,3	50,6	50,8	51,0	51,2	51,5	51,7	51,9
15	52,4	52,6	52,8	53,0	53,2	53,4	53,6	53,8	54,1
16	54,5	54,7	54,9	55,1	55,3	55,5	55,7	55,9	56,1
17	56,5	56,7	56,9	57,1	57,3	57,5	57,7	57,9	58,1
18	58,5	58,7	58,9	59,1	59,2	59,4	59,6	59,8	60,0
19	60,4	60,5	60,7	60,9	61,1	61,3	61,5	61,7	61,9
20	62,2	62,4	62,6	62,8	62,9	63,1	63,3	63,5	63,6
21	64,0	64,2	64,4	64,5	64,7	64,9	65,1	65,3	65,4
22	65,8	66,0	66,1	66,3	66,5	66,6	66,8	67,0	67,1
23	67,5	67,6	67,8	68,0	68,1	68,3	68,5	68,6	68,8
24	69,1	69,3	69,4	69,6	69,8	69,9	70,1	70,2	70,4
25	70,7	70,9	71,0	71,2	71,3	71,5	71,7	71,8	72,0
26	72,3	72,4	72,6	72,7	72,9	73,0	73,2	73,4	73,5
27	73,8	73,9	74,1	74,2	74,4	74,5	74,7	74,8	75,0
28	75,3	75,4	75,6	75,7	75,8	76,0	76,1	76,3	76,4
29	76,7	76,8	77,0	77,1	77,3	77,4	77,6	77,7	77,8
30	78,1	78,3	78,4	78,5	78,7	78,8	79,0	79,1	79,2
	0	1	2	3	4	5	6	7	8

S DE L'ALCOOMÈTRE CENTÉSIMAL.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
78,1	78,3	78,4	78,5	78,7	78,8	79,0	79,1	79,2	79,4
79,5	79,7	79,8	79,9	80,1	80,2	80,3	89,5	80,6	80,7
80,9	81,0	81,1	81,3	81,4	81,5	81,7	81,8	81,9	82,0
82,2	82,3	82,4	82,6	82,7	82,8	83,0	83,1	83,2	83,4
83,5	83,6	83,7	83,8	84,0	84,1	84,2	84,3	84,5	84,6
81,7	84,8	84,9	85,1	85,2	85,3	85,4	85,5	85,7	85,8
85,9	86,0	86,1	86,3	86,4	86,5	86,6	86,7	86,9	87,0
87,1	87,2	87,3	87,5	87,6	87,7	87,8	87,9	88,0	88,1
88,3	88,4	88,5	88,6	88,7	88,8	88,9	89,0	89,1	89,2
89,3	89,4	89,5	89,7	89,8	89,9	90,0	90,1	90,2	90,3
90,4	90,5	90,6	90,7	90,8	90,9	91,0	91,1	91,2	91,3
91,4	91,5	91,6	91,7	91,8	91,9	92,0	92,1	92,2	92,3
92,4	92,5	92,6	92,7	92,8	92,9	93,0	93,1	93,1	93,2
93,3	93,4	93,5	93,6	93,7	93,8	93,9	94,0	94,1	94,2
94,2	94,3	94,4	94,5	94,6	94,7	94,8	91,9	95,0	95,0
95,1	95,2	95,3	95,4	95,5	95,5	95,6	95,7	95,8	95,9
96,0	96,0	96,1	96,2	96,3	96,4	96,4	96,5	96,6	96,7
96,7	96,8	96,9	97,0	97,0	97,1	97,2	97,3	97,3	97,4
97,5	97,6	97,6	97,7	97,8	97,9	97,9	98,0	98,1	98,2
98,2	98,3	98,4	98,4	98,5	98,6	98,6	98,7	98,8	98,8
98,9	99,0	99,0	99,1	99,2	99,2	99,3	99,4	99,4	99,5
99,6	99,6	99,7	99,8	99,8	99,9	100,0	100,0		
100,2									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

TABLEAU POUR LA GRADUATION ET LA VÉRIFICATION DES PÈSE-ESPRITS

CONSTANTE $a = 200$

DEGRÉS.	DENSITÉS. d	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$	DEGRÉS.	DENSITÉS d	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$
0	1,0000	1,0000	30	0,8696	1,1500
1	0,9950	1,0050	31	0,8658	1,1550
2	0,9901	1,0100	32	0,8621	1,1600
3	0,9852	1,0157	33	0,8584	1,1650
4	0,9804	1,0200	34	0,8547	1,1700
5	0,9756	1,0250	35	0,8511	1,1750
6	0,9709	1,0300	36	0,8475	1,1800
7	0,9662	1,0350	37	0,8439	1,1850
8	0,9615	1,0400	38	0,8403	1,1900
9	0,9569	1,0450	39	0,8368	1,1950
10	0,9524	1,0500	40	0,8333	1,1200
11	0,9479	1,0550	41	0,8299	1,2050
12	0,9434	1,0600	42	0,8264	1,2100
13	0,9390	1,7650	43	0,8230	1,2150
14	0,9346	1,0700	44	0,8197	1,2200
15	0,9302	1,0250	45	0,8163	1,2250
16	0,9259	1,0800	46	0,8130	1,2300
17	0,9217	1,0850	47	0,8097	1,2350
18	0,9174	1,0900	48	0,8065	1,2100
19	0,9133	1,0950	49	0,8032	1,2450
20	0,9091	1,1000	50	0,8000	1,2500
21	0,9050	1,1050	51	0,7968	1,2550
22	0,9009	1,1100	52	0,7937	1,2600
23	0,8969	1,1150	53	0,7905	1,2650
24	0,8929	1,1200	54	0,7874	1,2700
25	0,8889	1,1250	55	0,7843	1,2750
26	0,8850	1,1300	56	0,7813	1,2800
27	0,8811	2,1350	57	0,7782	1,2850
28	0,8772	1,1400	58	0,7752	1,2900
29	0,8734	1,1450	59	0,7722	1,2 50
20	0,8696	1,1500	60	0,7692	1,3000

CHAPITRE VI.

APPLICATION DE LA MÉTHODE A L'ALCOOMÈTRE CENTÉSIMAL.

32. *Caractère essentiel.* L'alcoomètre centésimal porte des degrés inégaux ; il est construit sur cette donnée fondamentale, que chacun de ses degrés indique le nombre des volumes d'alcool absolu qui sont contenus dans 100 volumes du mélange. Ainsi dans les mélanges alcooliques qui, à la température de 15° centigrades, marquent 10, 20 ou 100 degrés de l'alcoomètre, il y a, sur 100 litres de liquide, 10 litres, 20 litres ou 100 litres d'alcool absolu. On comprend dès l'abord que cet instrument ne peut être construit à moins que l'on ne connaisse avec précision et pour la température de 15 degrés la densité du mélange qui correspond à chacun des 100 degrés de l'échelle centésimale.

Ces densités sont contenues dans le tableau qui termine ce chapitre; elles ont été publiées par Berzélius en 1828 pour les 70 degrés supérieurs et complétées plus tard, en 1861, pour les 30 degrés inférieurs, par M. Collardeau, qui a publié à cette époque la table entière en la certifiant conforme à la table originale de Gay-Lussac. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, novembre 1861, t. LIII, p. 925.)

Dans mon Mémoire de 1859 j'ai dû comparer les densités connues par la publication de Berzélius à celles que Gilpin

avait obtenues en 1793 et à celles que Lowitz avait pareillement obtenues en 1796, après avoir découvert les procédés qui donnent l'alcool absolu. Cette comparaison ne fait ressortir que des différences insignifiantes. Un peu plus tard, en 1860, les recherches très-étendues et très-soignées que M. Baumhauer a faites sur ce sujet confirment encore la parfaite exactitude des résultats antérieurs. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* décembre 1860, t. LI, p. 1002.)

33. *Formules.* On conçoit aisément la graduation de l'alcoomètre centésimal lorsqu'on y emploie des mélanges alcooliques de densités parfaitement connues ; mais ce n'est pas là la question que j'ai à traiter ici ; je me propose, au contraire, de faire comprendre comment l'alcoomètre centésimal peut être gradué par la nouvelle méthode, c'est-à-dire avec l'eau seule, sans avoir recours ni à l'alcool absolu, ni à aucun mélange alcoolique.

Représentons par d_0, d_1, $d_2 \ldots d_n, \ldots d_{100}$ les densités qui correspondent aux degrés 0, 1, 2... n... 100 de l'alcoomètre centésimal.

Soit P le poids de l'alcoomètre.

Désignons de même par V_0, V_1, $V_2 \ldots V_n \ldots V_{100}$ les volumes de l'instrument qui se trouvent plongés dans le liquide pour chacun des degrés.

Rappelons enfin que les densités du tableau sont rapportées à celle de l'eau à 15° de température et que toutes les expériences sont supposées faites à cette température.

Les conditions d'équilibre donnent :

$$V_0 \delta d_0 = P = V_1 \delta d_1 = V_2 \delta d_2 \ldots = V_n \delta d_n \ldots = V_{100} \delta d_{100}$$

ou

$$V_1 = V_0 \frac{d_0}{d_1}, \quad V_2 = V_0 \frac{d_0}{d_2} \ldots \quad V_n = V_0 \frac{d_0}{d_n} \ldots \quad V_{100} = V_0 \frac{d_0}{d_{100}}.$$

Les densités étant décroissantes depuis d_0 jusqu'à d_{100}, si l'on pose

$$\frac{d_0}{d_1} = 1 + z_1, \quad \frac{d_0}{d_2} = 1 + z_2 \ldots \quad \frac{d_0}{d_n} = 1 + z_n \ldots \quad \frac{d_0}{d_{100}} = 1 + z_{100},$$

toutes les valeurs $z_1, z_2 \ldots z_n \ldots z_{100}$ se trouveront positives et croissantes, et l'on aura

$$V_1 - V_0 = V_0 z_1, \quad V_2 - V_0 = V_0 z_2 \ldots \quad V_n - V_0 = V_0 z_n \ldots \quad V_{100} - V_0 = V_0 z_{100}.$$

Considérons en général deux degrés alcoométriques, n' et n plus ou moins éloignés l'un de l'autre, n appartenant au degré supérieur de la tige de l'instrument, n au degré inférieur, et par conséquent plus petit que n; on aura

$$V_n - V_{n'} = V_0 (z_n - z_{n'}) \quad \text{et} \quad V_{n'} = V_0 (1 + z_{n'});$$

ce qui donne

$$V_n - V_{n'} = V_{n'} \left(\frac{z_n - z_{n'}}{1 + z_{n'}} \right).$$

Alors $V_n - V_{n'}$ est le volume de la tige qui porte des divisions; c'est la valeur de u; $V_{n'}$ est le volume de la carène, c'est la valeur de u'; en admettant donc que l'alcoomètre centésimal dont il s'agit ici ait la longueur de tige et les formes que nous avons adoptées, les valeurs de k et $k - 1$ conservant la même signification, on aura

$$(A'_2) \ldots \quad \frac{u'}{u} = \frac{1 + z_{n'}}{z_n - z_{n'}} = k - 1 \quad \text{et} \quad (A_2) \ldots \quad k = \frac{1 + z_n}{z_n - z_{n'}}.$$

Nous arrivons ainsi aux deux équations qui sont propres à l'alcoomètre centésimal construit d'après ces principes. Ces équations sont analogues aux équations (A_1), (A'_1) du chapitre précédent et aux équations (A) et (A') du chapitre III : elles en diffèrent toutefois en ce que les degrés n et n' sont ici représentés par z_n et $z_{n'}$, fonctions plus complexes des densités et des degrés.

34. *Valeurs de* k *et construction des enveloppes.* La densité d_0 qui appartient au zéro de l'échelle n'est autre chose que la densité de l'eau à 15° qui est prise pour unité dans la table générale, ainsi

$$1 + z_1 = \frac{1}{d_1}, \qquad 1 + z_2 = \frac{1}{d_2} \text{ etc.}$$

La quatrième colonne du tableau pages 864 et 865 contient toutes les valeurs de $\frac{1}{d}$; c'est là que l'on trouvera toutes les valeurs de z; en effet, puisque $z_n = \frac{1}{d_n} - 1$, il suffira, pour avoir z_n, de laisser l'unité et de prendre seulement la partie décimale de $\frac{1}{d_n}$.

Au moyen de ces valeurs numériques de z, qui ne sont du reste liées entre elles par aucune formule, puisqu'elles résultent de la donnée immédiate de l'expérience, on pourra, cependant, résoudre toutes les questions qui se rapportent à l'alcoomètre centésimal, comme nous allons le montrer par un exemple:

On veut faire un alcoomètre dont la course soit seulement de 80 à 100 degrés.

Le tableau donne $z_{100} = 0{,}2583$; $z_{80} = 0{,}1567$; $1 + z_{100} = 1{,}2583$; ces nombres portés dans l'équation (A_2) donnent $k = 12{,}385$.

Alors on choisit la tige, par exemple $2\,r = 0{,}60$; la table 1, page 871 donne $u = 4{,}24$; on forme $V = ku = 52{,}51$; $u' = V - u = 48{,}27$; on en retranche 6,14 pour la boule de lest et le reste 42,13 est le volume que doit avoir le réservoir supérieur pour remplir les conditions demandées.

On construit l'enveloppe, on détermine le poids du lest,

enfin l'on prépare l'appareil pour la graduation comme il a été dit précédemment, chap. III et V.

35. *Graduation.* Les deux points extrêmes, le degré supérieur et le degré inférieur se marquent ici au moyen d'une chape et exactement comme il a été dit au chapitre précédent, art. 29, page 842 ; si ce n'est que pour trouver les multiplicateurs $\frac{1}{d}$ et $\frac{1}{d'}$ du poids P il faut les chercher dans la 4e colonne du tableau propre à l'alcoomètre centésimal p. 864.

Alors il reste à diviser l'intervalle de ces points, non plus en parties égales, mais en parties inégales et proportionnelles aux différences des valeurs de z afférentes à chacun des degrés qui doivent y être inscrits ; ces différences des valeurs de z se trouvent à la 5e colonne du même tableau.

Pour se rendre compte de cette proportionnalité il suffit de remarquer que les volumes de la tige qui correspondent à chacun des degrés compris entre n et n', sont :

$$V_n - V_{n-1}, \quad V_{n-1} - V_{n-2}, \text{ etc.}$$

or les valeurs de ces volumes sont :

$$V_n - V_{n-1} = V_0 (z_n - z_{n-1}) ; \quad V_{n-1} - V_{n-2} = V_0 (z_{n-1} - z_{n-2}) \text{ etc.} ;$$

de plus, la tige étant supposée cylindrique, ces volumes doivent être proportionnels aux longueurs l_n, l_{n-1}, l_{n-2}, de chacun de ces degrés, ce qui donne :

$$l_n : l_{n-1} : l_{n-2} : l_{n-3} \ldots :: z_n - z_{n-1} : z_{n-1} - z_{n-2} : z_{n-2} - z_{n-3} \ldots$$

Le problème se réduit donc à diviser une longueur donnée en un certain nombre de parties proportionnelles à des quantités données ; et tous les constructeurs d'alcoomètres sont pourvus de moyens propres à résoudre ce problème avec plus ou moins d'exactitude ; car c'est toujours là ce qu'ils

ont à faire dans la graduation ordinaire de l'alcoomètre. La seule différence consiste dans la forme de l'instrument et dans la manière de marquer les deux points extrêmes, ce qui se fait ici par deux pesées dans l'eau à 15 degrés de chaleur.

Ainsi, en adoptant la forme du cylindre et de la sphère que je propose pour l'aréomètre en général, en adoptant pour la tige la longueur constante de 20 centimètres, dont 15 centimètres sont moyennement employés à porter les divisions, enfin en se servant des tables de construction qui s'appliquent à ces formes et à ces dimensions, l'alcoomètre centésimal rentre lui-même dans la nouvelle méthode et en reçoit tous les avantages.

36. *Discussion des formules.* Les problèmes dont nous avons parlé chapitre III, art. 14 à 23, se reproduisent ici, et leur solution dépend alors des équations (A_2) et (A'_2) :

$$(A_2)\ldots\quad k=\frac{1+z_n}{z_n-z_{n'}},\qquad (A'_2)\ldots\quad k-1=\frac{1+z_{n'}}{z_n-z_{n'}}.$$

Lorsqu'on se donne le degré supérieur et le degré inférieur que l'alcoomètre doit porter, ou seulement l'un de ces degrés extrêmes et l'étendue de la course, le problème est déterminé, k ne peut avoir qu'une seule et unique valeur, qui se trouve aisément comme nous allons le faire voir par quelques exemples :

Premier exemple : On demande un alcoomètre centésimal qui marque en haut le 55ᵉ degré et en bas le 20ᵉ.

Avec $n=55$ et $n'=20$, on va dans la table de graduation, page 864, chercher d'abord la valeur $1+z_{55}$, ou la valeur de $\frac{1}{d}$ qui correspond à $n=55$, on trouve $1+z_{55}=1{,}0813$; quant

à z_{55} et z_{20} ce sont les valeurs de $\frac{1}{d}$ qui correspondent à $n = 55$ et à $n' = 20$, desquelles on néglige l'unité, pour ne prendre que la partie décimale : ainsi $z_{55} = 0,0813$; $z_{20} = 0,0243$ et $z_{55} - z_{20} = 0,0570$; par conséquent :

$$k = \frac{1,0813}{0,0570} = 18,97.$$

Deuxième exemple. On demande un alcoomètre centésimal dont la course soit de 30 degrés et dont le degré inférieur soit le 50e degré.

Le degré supérieur sera 80, puisqu'en partant de 50 on veut donner 30 de course. On rentre alors dans le cas précédent, et allant dans la table avec $n = 80$ et $n' = 50$ on trouve $1 + z_n = 1,1567$; $z_n = 0,1567$, $z_{n'} = 0,0697$; $z_n - z_{n'} = 0,0870$ et

$$k = \frac{1,1567}{0,0870} = 13,30.$$

Aussitôt que la valeur de k est connue pour un instrument demandé, on commence par choisir la tige ; on prend son diamètre $2r$ qui sert à trouver son volume u dans la table 1 ; de là on déduit V et u', on voit quelle boule de lest il faut employer et par suite quel volume il faut donner au réservoir supérieur ; enfin, la table 2 fait connaître les tubes qui sont propres à le construire. L'enveloppe ainsi constituée remplit toutes les conditions voulues ; on cherche le lest qu'il faut lui donner et on le soumet à la graduation comme il a été dit art. 35.

S'il arrive que le problème reste indéterminé faute de données suffisantes, on rentre alors dans les différents cas que nous avons discutés en détail, art. 20, page 824. Seulement les équations (A_1) et (A'_1) remplacent les équations

(A) et (A') pour établir la dépendance qui existe entre les inconnues.

Supposons que, le degré supérieur étant seul donné, on veuille se rendre compte des changements qu'éprouvent les valeurs de k lorsqu'on fait changer l'étendue de la course, ou le degré inférieur.

Ces changements sont représentés dans le tableau suivant, où l'on s'est borné à prendre pour degré supérieur 100, 90, 80, 70, 60, et 50; en même temps, pour chacun de ces degrés, on a attribué à k toutes les valeurs entières depuis $k = 5$ jusqu'à $k = 30$.

On voit que, 90 étant le degré supérieur, la valeur de k ne peut pas descendre au-dessous de 6, ce qui signifie seulement que, pour employer la longueur normale de la tige avec des valeurs de k plus petites, il faudrait attribuer à n' des valeurs négatives ou, en d'autres termes, que le zéro devrait se trouver sur la tige à une distance du degré supérieur 90 plus petite que 15 centimètres. Il en est de même pour les degrés supérieurs 80, 70, 60 et 50.

Ces résultats fournis par les équations (A_2) et (A'_2) pourraient encore se traduire d'une manière plus exacte et plus pratique en traçant les courbes qui les représentent; par exemple, les valeurs de k étant prises pour abscisses, les courses correspondantes à un même degré supérieur seraient prises pour ordonnées; alors graphiquement et sans calcul, on trouverait la valeur de k qui convient à chaque course, ou réciproquement.

Au moyen de ces courbes, tracées sur une échelle de grandeur convenable, tous les problèmes se résoudraient par la règle et le compas.

DEGRÉS SUPÉRIEURS.

VALEURS de *k*	100		90		80		70		60		50	
	DEGRÉ inférieur.	COURSE.	DEGRÉ inférieur.	COURSE.	DEGRÉ inférieur.	COURSE.	DEGRÉ inférieur.	COURSE.	DEGRÉ inférieur.	COURSE.	DEGRÉ inférieur.	COURSE.
30	93	7	80	10	69	11	57	13	44	16	29	21
29	93	7	80	10	68	12	56	14	43	17	28	22
28	93	7	80	10	68	12	55	15	43	17	27	23
27	93	7	79	11	67	13	55	15	42	18	25	25
26	92	8	79	11	67	13	54	16	41	19	24	26
25	92	8	78	12	66	14	53	17	40	20	22	28
24	91	9	78	12	65	15	53	17	39	21	21	29
23	91	9	77	13	65	15	52	18	38	22	19	31
22	90	10	76	14	64	16	51	19	36	24	17	33
21	90	10	76	14	63	17	49	21	35	25	15	35
20	89	11	75	15	62	18	49	21	33	27	12	38
19	89	11	74	16	61	19	47	23	31	29	10	40
18	88	12	73	17	59	21	45	25	28	32	7	43
17	87	13	72	18	58	22	44	26	25	35	5	45
16	86	14	70	20	56	24	41	29	21	39	2	48
15	84	16	69	21	54	26	38	32	17	43	»	»
14	83	17	67	23	52	28	35	35	12	48	»	»
13	81	19	64	26	49	31	31	39	7	53	»	»
12	79	21	62	28	45	35	24	46	2	58	»	»
11	76	24	58	32	41	39	16	54	»	»	»	»
10	73	27	54	36	34	46	7	63	»	»	»	»
9	69	31	48	42	24	56	»	»	»	»	»	»
8	63	37	39	51	9	71	»	»	»	»	»	»
7	54	46	22	68	»	»	»	»	»	»	»	»
6	39	61	0	90	»	»	»	»	»	»	»	»
5	4	96	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

37. *Vérification de l'alcoomètre centésimal construit d'après les tables.* Ce que nous avons dit dans le chapitre précédent, art. 31, page 845, de la vérification des aréomètres à degrés égaux s'applique de point en point à l'alcoomètre centésimal.

On commence donc par peser dans l'air l'alcoomètre muni de la chape dont on veut faire usage et dont on connaît le poids G et la perte de poids H; de cette pesée on retranche G pour avoir le poids P de l'alcoomètre.

TABLEAU XI.

POIDS DE L'ALCOOMÈTRE : 15,605 gr.

DEGRÉS.	PERTES DE POIDS		DIFFÉRENCES.	DIFFÉRENCES des PERTES DE POIDS pour l'intervalle de 1°.	ERREUR.
	CALCULÉES.	OBSERVÉES.			
0	gr. 20,27	gr. 20,32	— 0,05	0,02	° — 2,5
10	20,48	20,52	— 0,04	0,02	— 2,0
20	20,64	20,68	— 0,04	0,02	— 2,0
30	20,82	20,84	— 0,02	0,02	— 1,0
40	21,05	21,06	— 0,01	0,03	— 0,3
50	21,35	21,36	— 0,01	0,03	— 0,3
60	21,73	21,73	0,00	0,04	0,0
70	22,18	22,17	+ 0,01	0,05	+ 0,2
80	23,71	22,70	+ 0,01	0,03	+ 0,1
90	23,36	23,34	+ 0,02	0,07	+ 0,3
100	24,30	24,27	+ 0,03	0,12	+ 0,3

Ensuite, si l'instrument porte l'échelle entière et si l'on veut en faire la vérification complète, par exemple, de 10 en

10 degrés, on forme d'abord, au moyen du tableau général qui termine ce chapitre, pages 864 et 865, les valeurs de $\frac{P}{d} + H$ pour 0, 10, 20 . . . 100 degrés. Ces valeurs sont les pertes de poids *théoriques* ou *calculées*, à côté desquelles on apportera les pertes de poids *observées*, comme l'indique le tableau M de la page précédente, afin d'en inscrire les différences dans la 4e colonne.

On a de même inscrit dans la 5e colonne du tableau M les différences des pertes de poids qui correspondent, pour cet alcoomètre, à l'intervalle de 1°, savoir : de 0 à 1°, de 9 à 10°, de 19 à 20 . . . . de 99 à 100°. Alors, en divisant chacune des différences de la 4e colonne par la différence correspondante de la 5e, on a pour quotient l'*erreur en degrés* de l'alcoomètre pour ce point de l'échelle; erreur qui compose ainsi la 6e colonne du tableau M.

Ces erreurs sont *négatives* quand l'alcoomètre n'enfonce pas assez, c'est-à-dire quand la perte de poids observée est plus grande que la perte de poids calculée ; elles sont *positives* quand l'alcoomètre enfonce trop, c'est-à-dire quand la perte de poids observée est plus petite que la perte de poids calculée.

Je rappelle encore que dans ces pesées la température de l'eau doit être maintenue entre 13 et 17 degrés, et la tige de l'instrument ne doit être mouillée que d'environ 10 millimètres au-dessus de l'affleurement; cette dernière condition se remplit d'elle-même quand on a soin de commencer la vérification par les degrés inférieurs pour monter graduellement aux degrés supérieurs.

Dans les aréomètres à degrés égaux, la différence des per-

tes de poids qui correspond à l'intervalle de 1 degré est constante pour toute l'étendue de l'échelle ; mais ici elle est variable, son expression générale est $P(z_n - z_{n-1})$, les valeurs de $z_n - z_{n-1}$ étant celles de la 5e colonne du tableau général, pages 864 et 865.

TABLEAU N.

DEGRÉS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,002	0,003	0,005	0,006	0,008	0,009	0,011	0,012	0,014	0,015
5	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14
10	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12
15	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11
30	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12
35	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14
40	2	3	5	7	9	10	12	14	15	17
45	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19
50	2	4	7	9	11	13	15	18	20	22
55	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24
60	3	5	8	10	13	16	18	21	23	26
65	3	6	8	11	14	17	20	22	25	28
70	3	6	9	12	16	19	22	25	28	31
75	3	7	10	14	17	20	24	27	31	34
80	4	7	11	15	19	22	26	30	33	37
85	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
90	5	9	14	19	24	28	33	38	42	47
95	6	11	17	23	29	34	40	46	51	57
100	8	15	23	31	39	46	54	62	69	77

Pour simplifier sur ce point les calculs qui se rapportent à la

5e colonne du tableau M de la vérification, on a dressé le tableau N ci-contre. Il contient les degrés de 5 en 5, et pour chacun de ces degrés on a effectué le produit de $z_n - z_{n-1}$, c'est-à-dire de $z_1 - z_0$, $z_5 - z_4$, ... $z_{100} - z_{99}$, par les nombres 1, 2, 3 . . . . . 10, inscrits en tête du tableau N.

En se servant de ce tableau, on pourra de suite trouver la différence des pertes de poids qui correspond à l'intervalle de 1 degré.

En effet, supposons que, le poids P de l'alcoomètre étant 35gr.,784, on veuille avoir pour le 90e degré, la différence des pertes de poids qui correspond à l'intervalle de 1 degré, on procède de la manière suivante : en suivant la ligne 90 on va d'abord à la colonne 10, où l'on trouve 0,047 ; comme le poids contient 3 dixaines, on fait à vue la multiplication par 3 et l'on écrit 0,141 ; on va ensuite pour les unités à la colonne 5, où l'on trouve 0,024 ; puis pour les dixièmes à la colonne 7, où l'on trouve 0,003, le reste se néglige : ainsi cette différence est 0gr.,168 ou 0gr.,17 en s'arrêtant aux centigrammes.

38. *Alcoomètre centésimal avec ses dimensions et ses formes ordinaires* La forme qui a été donnée primitivement à l'alcoomètre centésimal et qui me paraît s'être conservée sans notables modifications, se prête mal à une discussion générale, tant à cause des longueurs de la tige qui sont arbitraires et variables qu'à cause de la forme des carènes qui échappe à des mesures précises. Le constructeur qui voudrait, en conservant ces formes, résoudre les questions que nous avons indiquées, ne pourrait y parvenir que par une longue suite de tâtonnements.

Cela n'empêche pas cependant que la nouvelle méthode

ne puisse s'appliquer avec avantage à l'alcoomètre centésimal en le conservant tel qu'il est; mais elle ne s'y applique qu'en ce qui appartient à la graduation et à la vérification, et nullement en ce qui appartient à la construction.

Pour la graduation, l'on procède de la manière suivante : l'enveloppe étant donnée, on trouve son poids p, ensuite, après l'avoir lestée de grenaille, on la met en équilibre dans l'eau à 15 degrés, et l'on charge en lest jusqu'à ce que le niveau arrive à 25 millimètres environ du sommet de la tige; on la pèse avec le lest qu'elle a reçu, et son poids P′ donne à très-peu près son volume V en centimètres cubes.

Soit n le degré supérieur que doit marquer l'instrument, d la densité correspondante, son poids définitif devra peu s'écarter de Vd ou $P'd$, on prendra donc pour le poids m du lest en mercure :

$$m = P'd - p - h,$$

h étant le poids de l'échelle de papier.

Le mercure étant introduit et scellé dans son réservoir, on ajoute une échelle provisoire de poids h et l'on procède aux pesées de la graduation.

L'alcoomètre, étant muni de sa chape, est suspendu sous le bassin de la balance, on le pèse dans l'air; du poids total on retranche la poids G de la chape, et l'on obtient par là son poids définitif P.

On forme la perte de poids $f = \frac{P}{d} + H$ qu'il doit faire pour le degré supérieur n; on l'ajoute dans le bassin qui porte l'instrument, et l'on fait la première pesée dans l'eau, celle qui sert à marquer le degré supérieur au moyen du repère de l'échelle provisoire.

Pour faire la seconde pesée dans l'eau, celle qui sert à marquer le degré inférieur, on commence par abaisser le niveau de l'eau jusqu'à 2 centimètres environ au-dessus de l'extrémité inférieure de la tige, et là on établit l'équilibre en retirant du poids f tout ce qu'il en faut retirer à cet effet; ce qui reste de f est compris entre deux poids $\frac{P}{d_{n'-1}} + H$ et $\frac{P}{d_{n'}} + H$ qu'il est facile de trouver au moyen de la table; alors on retranche encore ce qui est nécessaire pour qu'il soit exactement $\frac{P}{d_{n'}} + H$; il devient ainsi $f' = \frac{P}{d'} + H$, c'est-à-dire la perte de poids qui convient au degré n', qui, s'il n'est pas le degré inférieur, s'en trouve au moins très-voisin. Il ne reste plus qu'à varier un peu le niveau de l'eau pour obtenir l'équilibre juste, et à viser au repère de l'échelle provisoire pour reconnaître le point où n' doit être écrit. Ces deux points une fois marqués sur la tige, on termine l'instrument comme à l'ordinaire.

Pour la vérification de l'alcoomètre centésimal ordinaire, soit qu'il ait été gradué comme nous venons de le dire ou d'après les anciens procédés, on opère exactement comme nous l'avons expliqué plus haut, art. 37.

TABLEAU POUR LA GRADUATION ET

DEGRÉS.	DENSITÉS d	DIFFÉRENCES	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$	$z_n - z_{n-1}$	DEGRÉS.	DENSITÉS d	DIFFÉRENCES	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$	$z_n - z_n$
0	1,0000	0,0000	1,0000		25	0,9711		1,0298	
1	0,9985	0,0015	1,0015	0,0015	26	0,9700	0,0011	1,0309	0,001
2	0,9970	15	1,0030	15	27	0,9690	10	1,0320	1
3	0,9956	14	1,0044	14	28	0,9679	11	1,0331	1
4	0,9942	14	1,0058	14	29	0,9668	11	1,0343	1
5	0,9929	0,0013	1,0072	0,0014	30	0,9657	0,0011	1,0355	0,001
6	0,9916	13	1,0085	13	31	0,9645	12	1,0368	1
7	0,9903	13	1,0098	13	32	0,9633	12	1,0381	1
8	0,9891	12	1,0110	13	33	0,9621	12	1,0394	1
9	0,9878	13	1,0123	13	34	0,9608	13	1,0408	1
10	0,9867	0,0011	1,0135	0,0012	35	0,9594	0,0014	1,0422	0,001
11	0,9855	12	1,0147	12	36	0,9581	13	1,0437	1
12	0,9844	11	1,0159	12	37	0,9567	14	1,0452	1
13	0,9833	11	1,0170	11	38	0,9553	14	1,0468	1
14	0,9822	11	1,0181	11	39	0,9538	15	1,0484	1
15	0,9812	0,0010	1,0192	0,0011	40	0,9523	0,0015	1,0501	0,001
16	0,9802	10	1,0203	11	41	0,9507	16	1,0518	1
17	0,9792	10	1,0213	10	42	0,9491	16	1,0536	1
18	0,9782	10	1,0223	10	43	0,9474	17	1,0555	1
19	0,9773	9	1,0233	10	44	0,9457	17	1,0574	1
20	0,9763	0,0010	1,0243	0,0010	45	0,9440	0,0017	1,0593	0,001
21	0,9753	10	1,0254	11	46	0,9422	0,0018	1,0613	2
22	0,9742	11	1,0265	11	47	0,9404	18	1,0633	2
23	0,9732	10	1,0276	11	48	0,9386	18	1,0654	2
24	0,9721	11	1,0287	11	49	0,9367	19	1,0675	2
25	0,9711	0,0010	1,0298	0,0011	50	0,9348	0,0019	1,0697	0,002

ICATION DE L'ALCOOMÈTRE CENTÉSIMAL.

DENSITÉS d	DIFFÉRENCES.	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$	$z_n - z_{n-1}$	DEGRÉS.	DENSITÉS d	DIFFÉRENCES.	COEFFICIENTS $\frac{1}{d}$	$z_n - z_{n-1}$
0,9348	0,0019	1,0697		75	0,8779		1,1391	
0,9329	19	1,0719	0,0022	76	0,8753	0,0026	1,1425	0,0034
0,9309	20	1,0742	23	77	0,8726	27	1,1460	35
0,9289	20	1,0765	23	78	0,8699	27	1,1495	35
0,9269	20	1,0789	24	79	0,8672	27	1,1531	36
0,9248	0,0021	1,0813	0,0024	80	0,8645	0,0027	1,1568	0,0037
0,9227	21	1,0838	25	81	0,8617	28	1,1605	37
0,9206	21	1,0863	25	82	0,8589	28	1,1643	38
0,9185	21	1,0888	25	83	0,8560	29	1,1682	39
0,9163	22	1,0914	26	84	0,8531	29	1,1722	40
0,9141	0,0022	1,0940	0,0026	85	0,8502	0,0029	1,1762	0,0040
0,9119	22	1,0967	27	86	0,8472	30	1,1803	41
0,9096	23	1,0994	27	87	0,8442	30	1,1845	42
0,9073	23	1,1022	28	88	0,8411	31	1,1889	44
0,9050	23	1,1050	28	89	0,8379	32	1,1935	46
0,9027	0,0023	1,1078	0,0028	90	0,8346	0,0033	1,1982	0,0047
0,9004	23	1,1107	29	91	0,8312	34	1,2031	49
0,8980	24	1,1136	29	92	0,8278	34	1,2080	49
0,8956	24	1,1166	30	93	0,8242	36	1,2133	53
0,8932	24	1,1196	30	94	0,8206	36	1,2186	53
0,8907	0,0025	1,1227	0,0031	95	0,8168	0,0038	1,2243	0,0057
0,8882	25	1,1259	32	96	0,8128	40	1,2303	60
0,8857	25	1,1291	32	97	0,8086	42	1,2367	64
0,8831	26	1,1324	33	98	0,8042	44	1,2435	68
0,8805	26	1,1357	33	99	0,7996	46	1,2506	71
0,8779	0,0026	1,1391	0,0034	100	0,7947	0,0049	1,2583	0,0077

CHAPITRE VII.

COMPOSITION DES TABLES DE CONSTRUCTION ET LEUR USAGE.

On a réuni dans ce chapitre les trois tables de construction dont il est parlé dans les chapitres précédents et qui réduisent à une série d'opérations très-simples la construction de l'aréomètre et sa graduation par la nouvelle méthode.

TABLE I.

La table I appartient à la tige, elle se compose de quatre colonnes.

La 1re colonne, intitulée $2r$, contient les diamètres $2r$ de la tige, exprimés en centimètres et croissant de 10e en 10e de millimètre depuis $2r = 0{,}50$ à $2r = 1^c{,}00$.

La 2e colonne donne en centimètres cubes le volume de la tige pour la longueur normale de 15 centimètres, ou la valeur de u.

La 3e colonne donne la section de la tige ou son volume correspondant à 1c de longueur.

La 4e colonne donne le poids approché de la tige en lui supposant une longueur de 20 centimètres, et une épaisseur uniforme de $e = 0^c,04$.

Lorsqu'on a trouvé le diamètre de la tige avec le calibre de Palmer, on vient chercher dans cette table la valeur de u qui lui appartient.

On peut de même y trouver le diamètre qu'il faut donner à la tige, si par d'autres considérations le volume u est donné, soit exactement, soit approximativement.

TABLE 2.

La table 2 appartient au réservoir supérieur; elle en donne tous les éléments.

On doit y distinguer d'abord les trois lignes horizontales supérieures qui se prolongent depuis la page qui commence la table jusqu'à celle qui la termine.

La première ligne contient les diamètres $2r'$ des tubes qui peuvent être employés à la construction du réservoir supérieur, qui est, comme nous l'avons dit, un cylindre de longueur l' terminé par deux hémisphères de même diamètre $2r'$ que le cylindre lui-même. Ces diamètres vont en croissant de 2 dixièmes en 2 dixièmes de millimètre, depuis $2r' = 1^c,20$ jusqu'à $2r' = 3^c,72$. Ce qui forme les têtes de 127 colonnes verticales.

La deuxième ligne contient le volume A de la sphère qui a pour diamètre $2r'$.

La troisième ligne contient la section s' du cylindre, et par conséquent le volume du cylindre pour l'unité de longueur ou pour la longueur de 1 centimètre.

Chacun des nombres de cette troisième ligne devient le générateur des 21 nombres qui se trouvent au-dessous de lui dans la même colonne verticale ; car ceux-ci s'obtiennent en multipliant le premier successivement par les 21 valeurs que j'attribue à l', savoir : $2^c{,}0$; $2^c{,}1$; $2^c{,}2$....... $4^c{,}0$ pour les diamètres qui vont de $1^c{,}20$ à $3^c{,}00$, et 2,0; 2,2; $2^c{,}4$.... $6^c{,}0$ pour les diamètres qui vont de 3,00 à $3^c{,}72$. Ce qui donne le volume du cylindre qui correspond à chacune de ces longueurs.

Ces 21 multiplicateurs sont inscrits à gauche de la page et forment ainsi les têtes des 21 lignes horizontales dont il s'agit.

On voit par là que, si l'on veut avoir, par exemple, le volume du cylindre qui a pour diamètre $2r' = 2^c{,}6$ et pour longueur $l' = 3^c{,}1$, il suffit de chercher 2,6 dans la ligne supérieure, 3,1 dans la colonne de gauche de la page où il est inscrit, et d'arriver à la case d'intersection pour y trouver le volume 16,458 qui appartient à ce cylindre.

Cette table a principalement pour objet de répondre à cette question : Pour faire un réservoir supérieur d'un volume donné, par exemple, $19^c{,}5$, quels sont les tubes dont on peut se servir et quelle longueur faut-il donner au cylindre?

En jetant les yeux sur la table on voit de suite que le plus grand diamètre est $2r' = 2^c{,}58$, car le volume de la sphère inscrit à la seconde ligne est 8,992 et le volume du cylindre avec $l' = 2^c{,}0$ est 10,456, en somme 19,448. On voit de même que le plus petit diamètre est $2r' = 2^c{,}14$, car le volume de

la sphère est 5,131 et celui du cylindre avec $l' = 4,0$ est 14,388, en somme 19,519. Ces approximations sont plus que suffisantes d'après les explications qui ont été données art. 11.

Entre ces deux diamètres limites $2r' = 2^c{,}58$ et $2r' = 2^c{,}14$, on peut choisir tous les diamètres intermédiaires, pourvu qu'en même temps on donne à l' la longueur convenable entre $2^c{,}0$ et $4^c{,}0$, ou entre $2^c{,}0$ et $6^c{,}0$ pour les trois dernières pages.

On peut de même résoudre la question inverse, et trouver dans la table les volumes de tous les réservoirs supérieurs que l'on peut faire avec un tube d'un diamètre donné, en restant toutefois dans les limites que j'ai adoptées, soit pour les diamètres, soit pour les longueurs du cylindre.

Enfin la table se termine en bas par deux lignes horizontales qui donnent approximativement le poids du réservoir supérieur, en attribuant au verre qui le compose une épaisseur de $\frac{1}{2}$ millimètre; car l'une donne le poids de la sphère et l'autre le poids du cylindre pour une longueur de 1 centimètre; ce dernier, étant multiplié par la valeur de l' et ajouté au premier, donnerait le poids total du réservoir supérieur.

Ces poids seraient utiles pour calculer les positions relatives du centre de pression et du centre de gravité.

TABLE 3.

La table 3 sert à apprécier à quelques grammes près quel doit être le poids du lest, afin de juger quelle est celle des trois boules qu'il convient d'employer.

La petite boule	$2r'' = 1^c{,}6$	peut contenir jusqu'à	20	gr. de mercure.
La moyenne *id.*	$2r'' = 2{,}0$	*id.*	40	*id.*
La grande *id.*	$2r'' = 2{,}2$	*id.*	50	*id.*

Dès que l'on connaît le volume u' de la carène, on forme le produit $u'd'$ qui représente presque à 1 millième de sa valeur le poids total que doit avoir l'aréomètre.

Il suffit donc de retrancher de $u'd'$ le poids de l'enveloppe pour obtenir le poids du lest, et pour choisir ainsi celle des trois boules dont on doit se servir.

L'approximation dont il s'agit ici laisse une grande latitude et c'est par là qu'il y a moyen d'y arriver.

En effet, le poids de l'enveloppe se compose de celui de la tige et de celui de la carène.

Dans les deux premières colonnes, sous le titre TIGE, le poids de la tige est estimé d'après son diamètre, en prenant seulement les diamètres de demi-millimètre en demi-millimètre, et en attribuant au verre une épaisseur de 4 dixièmes de millimètre.

Dans les deux dernières colonnes, sous le titre CARÈNE, le poids de la carène est estimé d'après son volume total, en considérant seulement les volumes de 5 en 5 ou de 10 en 10 centimètres cubes, parce qu'il arrive qu'en attribuant au verre $\frac{1}{2}$ millimètre d'épaisseur, le poids de la carène pour le même volume ne change que très-peu en changeant la boule de lest. Cependant, comme ce poids, pour le même volume, change notablement avec la longueur du cylindre, j'ai admis une longueur moyenne de 3 ou 4 centimètres pour former les poids qui se trouvent inscrits à la dernière ligne.

Au reste, dans le doute, mieux vaudrait prendre la boule trop grande que la boule trop petite.

TABLE 1.

DIAMÈTRES, VOLUMES ET POIDS DES TIGES.

DIAMÈTRE.	VOLUME		POIDS	DIAMÈTRE.	VOLUME		POIDS
2r	pour $l = 15,00$ c.	pour $l = 1,00$ c.	pour $l = 20,00$ c.	2r	pour $l = 15,00$ c.	pour $l = 1,00$ c.	pour $l = 20,00$ c.
c.	c.	c.	gr.	c.	c.	c.	gr.
0,50	2,945	0,196	3,14	0,75	6,627	0,442	4,71
0,51	3,064	0,204	3,21	0,76	6,805	0,454	4,77
0,52	3,186	0,212	3,27	0,77	6,985	0,466	4,84
0,53	3,309	0,221	3,33	0,78	7,167	0,478	4,90
0,54	3,434	0,229	3,39	0,79	7,353	0,490	4,97
0,55	3,564	0,238	3,46	0,80	7,540	0,503	5,03
0,56	3,695	0,246	3,52	0,81	7,730	0,515	5,09
0,57	3,828	0,255	3,58	0,82	7,922	0,528	5,15
0,58	3,963	0,264	3,64	0,83	8,116	0,541	5,22
0,59	4,101	0,273	3,71	0,84	8,313	0,554	5,28
0,60	4,241	0,283	3,77	0,85	8,512	0,568	5,34
0,61	4,384	0,292	3,83	0,86	8,713	0,581	5,40
0,62	4,528	0,302	3,89	0,87	8,917	0,593	5,47
0,63	4,676	0,312	3,96	0,88	9,123	0,608	5,53
0,64	4,826	0,322	4,02	0,89	9,332	0,622	5,59
0,65	4,977	0,332	4,09	0,90	9,543	0,637	5,65
0,66	5,132	0,342	4,15	0,91	9,756	0,650	5,72
0,67	5,288	0,352	4,21	0,92	9,972	0,665	5,78
0,68	5,448	0,363	4,27	0,93	10,190	0,679	5,84
0,69	5,609	0,374	4,34	0,94	10,410	0,694	5,91
0,70	5,773	0,385	4,40	0,95	10,633	0,709	5,97
0,71	5,939	0,396	4,46	0,96	10,858	0,724	6,03
0,72	6,107	0,407	4,52	0,97	11,085	0,739	6,09
0,73	6,278	0,418	4,59	0,98	11,315	0,754	6,16
0,74	6,451	0,430	4,65	0,99	11,547	0,769	6,22
0,75	6,627	0,442	4,71	1,00	11,782	0,785	6,28

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	0,905	0,951	0,998	1,047	1,098	1,150	1,204	1,260	1,317
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	1,131	1,169	1,208	1,247	1,287	1,327	1,368	1,410	1,452
$l' = 2,0$	2,262	2,338	2,415	2,494	2,574	2,655	2,737	2,820	2,905
2,1	375	455	536	619	703	788	874	961	3,050
2,2	488	572	657	744	832	921	3,011	3,102	195
2,3	601	689	778	869	961	3,054	148	243	340
2,4	714	8 6	899	994	3,090	187	285	384	485
2,5	827	922	3,019	3,117	217	318	421	525	631
2,6	940	3,039	140	242	346	451	558	666	776
2,7	3,053	156	261	367	475	584	695	807	921
2,8	166	273	382	492	604	717	832	948	4,066
2,9	279	390	503	617	733	850	969	4,089	211
3,0	393	507	624	741	861	981	4,104	230	356
3,1	506	624	745	866	990	4,114	244	371	504
3,2	619	741	866	991	4,119	247	381	512	649
3,3	732	858	987	4,116	248	380	518	653	794
3,4	845	975	4,108	241	377	513	655	794	939
3,5	958	4,091	228	364	504	644	791	935	5,082
3,6	4,071	208	349	489	633	777	928	5,076	230
3,7	184	325	470	614	762	910	5,065	217	375
3,8	297	442	591	739	891	5,043	202	358	520
3,9	410	559	712	864	5,020	176	339	499	665
4,0	524	676	830	988	148	310	472	640	808
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 0,566	0,584	0,604	0,623	0,643	0,663	0,684	0,705	0,726
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	0,472	0,479	0,487	0,495	0,503	0,511	0,519	0,526	0,534

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52	1,54
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	1,376	1,437	1,499	1,563	1,630	1,698	1,767	1,839	1,912
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l$	1,496	1,539	1,584	1,629	1,674	1,720	1,767	1,815	1,863
$l' =$ 2,0	2,991	3,079	3,167	3,257	3,348	3,441	3,534	3,620	3,725
2,1	3,141	233	325	420	515	613	711	811	911
2,2	291	387	483	583	682	785	888	993	4,097
2,3	441	541	641	746	849	957	4,065	4,175	283
2,4	591	695	799	909	4,016	4,129	242	357	469
2,5	739	848	959	4,071	185	301	417	536	656
2,6	889	4,002	4,117	234	352	473	594	718	842
2,7	4,039	156	275	397	519	645	771	900	5,028
2,8	189	310	433	560	686	817	948	5,082	214
2,9	339	464	591	723	853	989	5,125	264	400
3,0	488	617	752	887	5,022	5,160	301	445	589
3,1	638	771	910	5,050	189	332	478	627	775
3,2	788	925	5,068	213	356	504	655	809	961
3,3	938	5,079	226	376	523	676	832	991	6,147
3,4	5,088	233	384	539	690	848	6,009	6,173	333
3,5	236	386	544	701	857	6,020	184	352	520
3,6	386	540	702	864	6,026	192	361	534	706
3,7	536	694	860	6,027	193	364	538	716	892
3,8	686	848	6,018	190	360	536	715	898	7,078
3,9	736	6,002	176	353	527	708	892	7,080	264
4,0	982	158	334	514	696	882	7,068	258	450
Poids de la sphère pour $e' = 0{,}05$	gr. 0,748	0,769	0,792	0,814	0,837	0,860	0,883	0,907	0,932
Poids du cylindre pour $l' = 1{,}0$ et $e' = 0{,}05$	0,542	0,550	0,558	0,566	0,574	0,581	0,589	0,597	0,605

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	1,988	2,065	2,145	2,226	2,310	2,395	2,483	2,573	2,664
Volume du cylindre $l' = 1,0$ c. $\pi r'^2 l'$	1,911	1,961	2,011	2,061	2,112	2,164	2,217	2,270	2,324
$l' = 2,0$	3,823	3,921	4,022	4,122	4,221	4,328	4,431	4,540	4,648
2,1	4,014	4,117	223	328	435	544	656	767	880
2,2	205	313	424	534	646	760	878	994	5,112
2,3	396	509	625	740	857	976	5,100	5,221	344
2,4	587	705	826	946	5,068	5,192	322	448	576
2,5	778	901	5,027	5,150	280	410	542	675	810
2,6	969	5,097	228	356	491	626	764	902	6,042
2,7	5,160	293	429	562	702	842	986	6,129	274
2,8	351	489	630	768	913	6,058	6,208	356	506
2,9	542	685	831	974	6,124	274	430	583	738
3,0	733	883	6,033	6,185	336	492	651	810	972
3,1	924	6,079	234	389	547	708	873	7,037	7,204
3,2	6,115	275	435	595	758	924	7,095	264	436
3,3	306	471	636	801	969	7,140	317	491	668
3,4	497	667	837	7,007	7,180	356	549	718	900
3,5	688	863	7,038	213	392	574	759	945	8,134
3,6	879	7,059	239	419	603	790	981	8,172	366
3,7	7,070	255	440	625	814	8,006	8,203	399	598
3,8	261	451	641	831	8,025	222	425	626	830
3,9	452	647	842	8,037	236	438	647	853	9,062
4,0	646	842	8,044	244	448	656	868	9,000	296
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 0,956	0,981	1,006	1,031	1,056	1,081	1,108	1,135	1,162
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	0,613	0,621	0,628	0,636	0,644	0,652	0,660	0,668	0,675

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	1,90
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	2,758	2,855	2,953	3,054	3,157	3,262	3,369	3,479	3,591
Volume du cylindre $l' = 1,0$ c. $\pi r'^2 l'$	2,378	2,433	2,489	2,545	2,602	2,659	2,717	2,776	2,835
$l' = 2,0$	4,756	4,866	4,978	5,090	5,204	5,318	5,434	5,552	5,670
2,1	994	5,109	5,227	345	464	584	706	830	954
2,2	5,232	352	476	600	724	850	978	6,108	6,238
2,3	470	595	725	855	984	6,116	6,250	386	522
2,4	708	838	974	6,110	6,244	382	522	664	806
2,5	945	6,082	6,222	362	505	647	792	940	7,087
2,6	6,173	335	471	617	765	913	7,064	7,218	371
2,7	411	578	720	872	7,025	7,179	336	496	655
2,8	649	821	969	7,127	285	445	608	774	939
2,9	887	7,064	7,218	382	545	711	880	8,052	8,223
3,0	7,134	299	467	635	806	977	8,151	328	505
3,1	372	542	716	890	8,066	8,243	423	606	789
3,2	610	785	965	8,145	326	509	695	884	9,073
3,3	848	8,028	8,214	400	586	775	967	9,162	357
3,4	8,086	271	463	655	846	9,041	9,239	440	641
3,5	323	515	711	907	9,107	306	509	716	922
3,6	561	758	960	9,162	360	572	781	994	10,206
3,7	799	9,001	9,209	417	620	838	10,053	10,272	490
3,8	9,037	244	458	672	880	10,104	325	550	774
3,9	275	487	707	927	10,140	370	597	828	11,058
4,0	512	732	1,244	10,180	408	636	868	11,104	340
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 1,189	1,216	956	1,272	1,301	1,330	1,359	1,388	1,418
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	0,683	0,690	0,699	0,707	0,715	0,723	0,731	0,739	0,746

110.

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,04	2,06	2,08
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	3,706	3,823	3,943	4,065	4,189	4,316	4,445	4,577	4,712
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	2,895	2,957	3,017	3,079	3,142	3,205	3,269	3,333	3,398
$l' = 2,0$	5,790	5,912	6,034	6,158	6,284	6,410	6,538	6,666	6,796
2,1	6,010	6,208	336	466	598	731	865	999	7,136
2,2	300	504	638	774	912	7,052	7,192	7,332	476
2,3	590	800	940	7,082	7,226	373	519	665	816
2,4	880	7,096	7,242	390	540	691	846	998	8,156
2,5	7,237	390	542	697	855	8,012	8,172	8,332	495
2,6	527	688	844	8,005	8,169	333	499	665	835
2,7	817	982	8,146	313	483	654	826	998	9,175
2,8	8,107	8,278	448	621	797	975	9,163	9,331	515
2,9	397	574	750	929	9,111	9,296	480	664	855
3,0	686	8,871	9,051	9,237	426	615	807	999	10,194
3,1	975	9,164	353	545	740	936	10,134	10,332	534
3,2	9,265	460	655	853	10,054	10,257	461	665	874
3,3	555	756	957	10,161	368	578	788	998	11,214
3,4	845	10,052	10,259	468	682	899	11,115	11,331	554
3,5	10,132	346	559	776	997	11,217	441	665	893
3,6	422	642	861	11,084	11,311	538	768	998	12,233
3,7	712	938	11,163	392	625	859	12,005	12,331	573
3,8	11,002	11,234	465	700	939	12,180	422	664	913
3,9	292	530	767	12,008	12,253	501	749	997	13,253
4,0	580	828	12,068	316	568	820	13,076	13,332	592
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 1,448	1,478	1,509	1,540	1,571	1,602	1,634	1,667	1,699
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	0,754	0,762	0,770	0,778	0,786	0,793	0,801	0,809	0,817

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 2,10	2,12	2,14	2,16	2,18	2,20	2,22	2,24	2,26
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	4,849	4,989	5,131	5,277	5,425	5,575	5,729	5,885	6,044
Volume du cylindre $l' = 1,0$ c. $\pi r'^2 l'$	3,464	3,530	3,597	3,664	3,733	3,801	3,871	3,941	4,012
$l' = 2,0$	6,928	7,060	7,194	7,328	7,466	7,602	7,742	7,882	8,024
2,1	7,274	413	551	694	839	982	8,129	8,276	425
2,2	620	766	914	8,060	8,212	8,362	516	670	826
2,3	966	8,119	8,274	426	585	742	903	9,064	9,227
2,4	8,312	472	634	792	958	9,122	9,290	458	628
2,5	660	825	992	9,160	9,332	502	677	852	10,030
2,6	9,006	9,178	9,352	526	705	882	10,064	10,246	431
2,7	352	531	712	892	10,078	10,262	451	640	832
2,8	698	884	10,072	10,258	451	642	838	11,034	11,233
2,9	10,044	10,237	432	624	824	11,022	11,225	428	634
3,0	392	590	791	992	11,109	403	613	823	12,036
3,1	738	943	11,151	11,358	572	783	12,000	12,217	437
3,2	11,084	11,296	511	724	945	12,163	387	611	838
3,3	430	649	871	12,090	12,318	543	774	13,005	13,239
3,4	776	12,002	12,231	456	691	923	13,161	399	640
2,5	12,124	355	589	824	13,065	13,303	548	793	14,042
3,6	470	708	949	13,190	438	683	935	14,187	443
3,7	816	13,061	13,309	556	811	14,063	14,322	581	844
3,8	13,162	414	669	922	14,184	443	709	975	15,245
3,9	508	767	14,029	14,288	557	823	15,096	15,369	646
4,0	856	14,120	388	656	932	15,204	484	15,764	16,048
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 1,732	1,765	1,798	1,832	1,866	1,901	1,935	1,970	2,006
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	0,825	0,833	0,841	0,848	0,856	0,864	0,872	0,880	0,888

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42	2,44
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	6,206	6,371	6,538	6,709	6,882	7,059	7,238	7,421	7,608
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	4,083	4,155	4,227	4,301	4,374	4,449	4,524	4,600	4,676
$l' =$ 2,0	8,166	8,310	8,454	8,602	8,748	8,898	9,048	9,200	9,352
2,1	574	726	877	9,030	9,185	9,343	500	660	820
2,2	982	9,132	9,300	460	622	788	952	10,120	10,288
2,3	9,390	548	723	890	10,059	10,233	10,404	580	756
2,4	798	964	10,146	10,320	496	678	856	11,040	11,224
2,5	10,207	10,387	567	750	935	11,122	11,310	500	690
2,6	615	803	990	11,180	11,372	567	762	860	12,158
2,7	11,023	11,219	11,413	610	809	12,012	12,214	12,420	626
2,8	531	635	836	12,040	12,246	457	666	880	13,094
2,9	979	12,051	12,259	470	683	902	13,118	13,340	562
3,0	12,249	465	681	900	13,122	13,347	572	800	14,028
3,1	657	881	13,104	13,330	559	792	14,024	14,260	496
3,2	13,065	13,297	527	760	996	14,237	476	720	964
3,3	473	713	950	14,190	14,433	682	928	15,180	15,432
3,4	881	14,129	14,373	620	870	15,127	15,380	640	900
3,5	14,290	542	794	16,050	15,309	571	834	16,100	16,366
3,6	698	958	15,217	480	746	16,016	16,286	560	834
3,7	15,106	15,374	640	910	16,183	461	738	17,020	17,302
3,8	514	490	16,063	16,340	620	906	17,190	480	770
3,9	922	906	486	770	17,057	17,351	642	940	18,238
4,0	16,332	16,620	908	17,200	496	796	18,096	18,400	704
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 2,041	2,077	2,114	2,150	2,187	2,224	2,262	2,300	2,338
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	0,896	0,903	0,911	0,919	0,927	0,935	0,943	0,951	0,958

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,56	2,58	2,60	2,62
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	7,795	7,986	8,181	8,379	8,580	8,785	8,992	9,203	9,417
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	4,753	4,831	4,909	4,988	5,067	5,147	5,228	5,309	5,391
$l' =$ 2,0	9,506	9,662	9,818	9,976	10,134	10,294	10,456	10,618	10,782
2,1	981	10,095	10,309	10,475	641	809	979	11,149	11,321
2,2	10,456	578	800	974	11,148	11,324	11,502	680	860
2,3	931	11,061	11,291	11,473	655	839	12,025	12,211	12,399
2,4	11,406	544	782	972	12,162	12,354	548	742	938
2,5	882	12,077	12,272	12,470	667	867	13,070	13,272	13,477
2,6	12,357	560	763	969	13,174	13,382	593	803	14,016
2,7	832	13,043	13,254	13,468	681	897	14,116	14,334	555
2,8	13,307	526	745	967	14,188	14,412	639	865	15,094
2,9	782	14,009	14,236	14,466	695	927	15,162	15,396	633
3,0	14,259	493	727	964	15,201	15,441	684	927	16,173
3,1	734	976	15,218	15,463	708	956	16,207	16,458	712
3,2	15,209	15,459	709	962	16,215	16,471	730	989	17,251
3,3	684	942	16,200	16,461	722	986	17,253	17,520	790
3,4	16,159	16,425	691	960	17,229	17,501	776	18,051	18,329
3,5	635	908	17,181	17,458	734	18,014	18,298	581	868
3,6	17,110	17,391	672	957	18,241	529	821	19,112	19,407
3,7	585	874	18,163	18,456	748	19,044	19,344	643	946
3,8	18,860	18,357	654	955	19,255	559	867	20,174	20,485
3,9	18,535	840	19,145	19,454	762	20,074	20,390	705	21,024
4,0	10,012	19,324	636	952	20,278	588	20,912	21,236	564
Poids de la sphère pour $e' = 0{,}05$	gr. 2,377	2,416	2,455	2,494	2,534	2,574	2,614	2,655	2,696
Poids du cylindre pour $l' = 1{,}0$ et $e' = 0{,}05$	0,966	0,974	0,982	0,900	0,998	1,006	1,013	1,021	1,029

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	9,634	9,855	10,078	10,306	10,537	10,771	11,009	11,249	11,494
Volume du cylindre l' = c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	5,474	5,557	5,641	5,726	5,811	5,897	5,983	6,070	6,158
l' = 2,0	10,948	11,114	11,282	11,452	11,622	11,794	11,966	12,140	12,216
2,1	11,495	670	846	12,023	12,203	12,382	12,464	747	932
2,2	12,042	12,226	12,410	596	784	972	13,062	13,354	13,548
2,3	589	782	974	13,169	13,365	13,562	660	961	14,164
2,4	13,136	13,338	13,538	742	946	14,152	14,258	14,568	780
2,5	685	892	14,102	14,312	14,527	740	957	15,175	15,395
2,6	14,232	14,448	666	885	15,108	15,330	15,555	782	16,011
2,7	779	15,004	15,230	15,458	689	920	16,153	16,389	627
2,8	15,326	560	794	16,031	16,270	16,510	751	996	17,243
2,9	873	16,116	16,358	604	851	17,100	17,349	17,603	859
3,0	16,422	671	923	17,175	17,433	688	949	18,210	18,474
3,1	969	17,227	17,487	748	18,014	18,278	18,547	817	19,090
3,2	17,516	783	18,051	18,321	595	868	19,145	19,424	706
3,3	18,063	18,339	615	894	19,176	19,458	743	20,031	20,322
3,4	610	895	19,179	19,467	757	20,048	20,341	638	938
3,5	19,159	19,449	743	20,037	20,338	636	940	21,245	21,553
3,6	706	20,005	20,307	610	919	21,226	31,538	852	22,169
3,7	20,253	561	871	21,183	21,500	816	22,136	22,459	786
3,8	800	21,117	21,435	756	22,081	22,406	734	23,066	23,401
3,9	21,347	673	999	22,329	662	996	23,332	673	24,017
4,0	896	22,228	22,564	22,900	23,244	23,584	932	24,280	24,632
Poids de la sphère pour e' = 0,05	gr. 2,737	2,779	2,831	2,863	2,906	2,949	2,992	3,035	3,079
Poids du cylindre pour l' = 1,0 et e' = 0,05	1,037	1,045	1,052	1,061	1,068	1,076	1,084	1,092	1,100

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 2,82	2,84	2,86	2,88	2,90	2,92	2,94	2,96	2,98	3,00
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	11,742	11,994	12,249	12,508	12,770	13,036	13,306	13,579	13,857	14,137
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	6,246	6,335	6,425	6,514	6,605	6,697	6,789	6,881	6,975	7,069
$l' =$ 2,0	12,492	12,670	12,850	13,028	13,210	13,394	13,578	13,762	13,950	14,138
2,1	13,117	13,304	13,493	679	871	14,064	14,257	14,450	14,648	845
2,2	742	938	14,136	14,330	14,532	734	936	15,138	15,346	15,552
2,3	14,367	14,572	779	981	15,193	15,404	15,615	826	16,044	16,259
2,4	992	15,206	15,422	15,632	854	16,074	16,304	16,514	742	966
2,5	15,615	837	16,062	16,285	16,512	742	972	17,202	17,437	17,672
2,6	16,240	16,471	705	936	17,173	17,412	17,651	890	18,135	18,379
2,7	865	17,105	17,348	17,587	834	18,082	18,330	18,578	833	19,086
2,8	17,490	739	991	18,238	18,495	752	19,009	19,266	19,531	793
2,9	18,115	18,373	18,634	889	19,156	19,422	688	954	20,229	20,500
3,0	738	19,005	19,275	19,542	19,815	20,091	20,367	20,643	925	21,207
3,1	19,363	639	918	20,193	20,476	761	21,046	21,331	21,623	914
3,2	988	20,273	20,561	844	21,137	21,431	725	22,019	22,321	22,621
3,3	20,613	907	21,204	21,495	797	22,101	22,404	707	23,019	23,328
3,4	21,238	21,541	847	22,146	22,458	771	23,083	23,395	717	24,035
3,5	861	22,172	22,487	799	23,117	23,439	23,761	24,083	24,412	741
3,6	22,486	806	23,130	23,450	778	24,109	24,440	771	25,110	25,448
3,7	23,111	23,440	773	24,101	24,439	779	25,119	25,459	808	26,155
3,8	736	24,074	24,416	751	25,100	25,449	798	26,147	26,506	862
3,9	24,361	708	25,059	25,402	761	26,119	26,477	835	27,204	27,569
4,0	24,984	25,340	25,700	26,056	26,420	788	27,156	27,524	27,900	28,276
Poids de la sphère pour $e' = 0{,}05$	gr. 3,123	3,168	3,213	3,257	3,303	3,349	3,395	3,441	3,488	3,535
Poids du cylindre pour $l' = 1{,}0$ et $e' = 0{,}05$	1,108	1,116	1,123	1,131	1,139	1,147	1,155	1,163	1,171	1,178

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 3,02	3,04	3,06	3,08	3,10	3,12	3,14	3,16	3,18
Volume de la sphère. $\frac{4\pi r'^3}{3}$	14,422	14,710	15,002	15,298	15,598	15,902	16,210	16,522	16,838
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	7,162	7,258	7,354	7,451	7,548	7,645	7,744	7,843	7,942
$l' =$ 2,0	14,324	14,516	14,708	14,902	15,096	15,290	15,488	15,686	15,884
2,2	15,756	15,968	16,179	16,392	16,606	16,819	17,037	17,255	17,472
2,4	17,188	17,420	17,651	17,882	18,116	18,348	18,586	18,824	19,060
2,6	18,620	18,872	19,123	19,372	19,626	19,877	20,135	20,393	20,648
2,8	20,052	20,324	20,594	20,862	21,136	21,406	21,684	21,962	22,236
3,0	21,486	21,774	22,062	22,353	22,711	22,935	23,232	23,529	23,826
3,2	22,918	23,226	23,533	23,843	24,254	24,464	24,781	25,098	25,414
3,4	24,350	24,678	25,004	25,333	25,761	25,993	26,330	26,667	27,002
3,6	25,782	26,130	26,475	26,823	27,274	27,522	27,879	28,236	28,590
3,8	27,214	27,582	27,946	28,313	28,784	29,051	29,428	29,805	30,178
4,0	28,648	29,032	20,416	29,804	30,192	30,580	30,976	31,372	31,768
4,2	30,080	30,484	30,887	31,294	31,702	32,109	32,525	32,941	33,356
4,4	31,512	31,936	32,358	32,784	33,212	33,638	34,074	34,510	34,944
4,6	32,944	33,388	33,829	34,274	34,722	35,167	35,623	36,079	36,532
4,8	34,376	34,840	35,300	35,764	36,232	36,696	37,172	37,648	38,120
5,0	35,810	36,290	36,770	37,255	37,740	38,225	38,720	39,215	39,710
5,2	37,242	37,712	38,241	38,745	39,250	39,754	40,269	40,784	41,298
5,4	38,674	39,194	39,712	40,235	40,760	41,283	41,818	42,353	42,886
5,6	40,106	40,646	41,183	41,725	42,270	42,812	43,367	43,922	44,474
5,8	41,538	42,098	42,654	43,215	43,780	44,341	44,916	45,491	46,062
6,0	42,972	43,548	44,124	44,706	45,288	45,870	46,464	47,058	47,652
Poids de la sphère pour $e' = 0{,}05$	gr. 3,581	3,629	3,677	3,725	3,774	3,822	3,872	3,921	3,971
Poids du cylindre pour $l' = 1{,}0$ et $e' = 0{,}05$	1,186	1,194	1,202	1,210	1,217	1,225	1,233	1,241	1,249

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 3,20	3,22	3,24	3,26	3,28	3,30	3,32	3,34	3,36
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	17,157	17,481	17,809	18,141	18,476	18,816	19,161	19,514	19,862
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	8,042	8,143	8,245	8,347	8,449	8,553	8,657	8,762	8,867
$l' =$ 2,0	16,084	16,286	16,490	16,694	16,898	17,106	17,314	17,524	17,734
2,2	17,692	17,915	18,139	18,363	18,588	18,817	19,045	19,276	19,507
2,4	19,300	19,544	19,788	20,032	20,278	20,528	20,776	21,028	21,280
2,6	20,908	21,173	21,437	21,701	21,968	22,239	22,507	22,780	23,053
2,8	22,516	22,802	23,086	23,370	23,658	23,950	24,238	24,532	24,826
3,0	24,126	24,429	24,735	25,041	25,347	25,659	25,971	26,286	26,601
3,2	25,734	26,058	26,384	26,710	27,037	27,370	27,702	28,038	28,374
3,4	27,342	27,687	28,033	28,379	28,727	29,081	29,433	29,790	30,147
3,6	28,950	29,316	29,682	30,048	30,417	30,792	31,164	31,542	31,920
3,8	30,558	30,945	31,331	31,717	32,107	32,503	32,895	33,294	33,693
4,0	32,168	32,572	32,980	33,388	33,796	34,212	34,628	35,048	35,468
4,2	33,776	34,201	34,629	35,057	35,486	35,923	36,359	36,800	37,241
4,4	35,384	35,830	36,278	36,726	37,176	37,634	38,090	38,552	39,014
4,6	36,992	37,459	37,927	38,395	38,866	39,345	39,821	40,304	40,787
4,8	38,600	39,078	39,576	40,064	40,556	41,056	41,552	42,056	42,560
5,0	40,210	40,715	41,225	41,735	42,245	42,765	43,285	43,810	44,335
5,2	41,818	42,344	42,874	43,404	43,935	44,476	45,016	45,562	46,108
5,4	43,426	43,973	44,523	45,073	45,625	46,187	46,747	47,314	47,881
5,6	45,034	45,602	46,172	46,742	47,315	47,898	48,478	49,066	49,654
5,8	46,642	47,231	47,821	48,411	49,005	49,609	50,209	50,818	51,427
6,0	48,252	48,858	49,470	50,082	50,694	51,318	51,942	52,572	53,202
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 4,021	4,071	4,122	4,173	4,224	4,276	4,328	4,381	4,433
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	1,257	1,265	1,273	1,280	1,288	1,296	1,304	1,312	1,320

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 3,38	3,40	3,42	3,44	3,46	3,48	3,50	3,52	3,54
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	20,219	20,580	20,945	21,314	21,689	22,067	22,450	22,836	23,228
Volume du cylindre $l' = 4{,}0$ c. $\pi r'^2 l'$	8,973	9,079	9,187	9,294	9,403	9,512	9,621	9,731	9,842
$l' = 2{,}0$	17,946	18,158	18,374	18,588	18,806	19,024	19,242	19,462	19,684
2,2	19,741	19,974	20,211	20,447	20,687	20,926	21,166	21,408	21,652
2,4	21,536	21,790	22,048	22,306	22,568	22,828	23,090	23,354	23,620
2,6	23,331	23,606	23,885	24,165	24,449	24,730	25,014	25,300	25,588
2,8	25,126	25,422	25,722	26,024	26,330	26,632	26,938	27,246	27,556
3,0	26,919	27,237	27,561	27,882	28,209	28,536	28,863	29,193	29,526
3,2	28,714	29,053	29,398	29,741	30,090	30,438	30,787	31,139	31,494
3,4	30,509	30,869	31,235	31,600	31,971	32,340	32,711	33,085	33,462
3,6	32,304	32,685	33,072	33,459	33,852	34,242	34,635	35,031	35,430
3,8	34,099	34,501	34,909	35,318	35,733	36,144	36,559	36,977	37,398
4,0	35,892	36,316	36,748	37,176	37,612	38,048	38,484	38,924	39,368
4,2	37,687	38,132	38,585	39,035	39,493	39,950	40,408	40,870	41,336
4,4	39,482	39,948	40,422	40,894	41,374	41,852	42,332	42,816	43,304
4,6	41,277	41,764	42,259	42,753	43,255	43,754	44,256	44,762	45,272
4,8	43,072	43,580	44,096	44,612	45,136	45,656	46,180	46,708	47,240
5,0	44,865	45,395	45,935	46,470	47,015	47,560	48,105	48,655	49,210
5,2	46,660	47,211	47,772	48,329	48,896	49,462	50,029	50,601	51,178
5,4	48,455	49,027	49,609	50,188	50,777	51,364	51,953	52,547	53,146
5,6	50,250	50,843	51,416	52,047	52,658	53,266	53,877	54,493	55,114
5,8	52,045	52,659	53,283	53,906	54,539	55,168	55,801	56,439	57,082
6,0	53,838	54,471	55,122	55,764	56,418	57,072	57,726	58,286	59,052
Poids de la sphère pour $c' = 0{,}05$	gr. 4,486	4,539	4,593	4,647	4,701	4,756	4,810	4,865	4,921
Poids du cylindre pour $l' = 1{,}0$ et $c' = 0{,}05$	1,327	1,335	1,343	1,351	1,359	1,367	1,375	1,382	1,390

TABLE 2.

Diamètres $2r'$	c. 3,56	3,58	3,60	3,62	3,64	3,66	3,68	3,70	3,72
Volume de la sphère $\frac{4\pi r'^3}{3}$	23,624	24,024	24,428	24,839	25,252	25,671	26,095	26,522	26,954
Volume du cylindre $l' =$ c. 1,0 $\pi r'^2 l'$	9,954	10,066	10,179	10,292	10,407	10,521	10,637	10,752	10,869
$l' =$ 2,0	19,908	20,132	20,358	20,584	20,814	21,042	21,274	21,504	21,738
2,2	21,899	22,145	22,394	22,642	22,895	23,146	23,401	23,654	23,912
2,4	23,890	24,158	24,430	24,700	24,976	25,250	25,528	25,804	26,086
2,6	25,881	26,171	26,466	26,758	27,057	27,354	27,655	27,954	28,260
2,8	27,872	28,184	28,502	28,816	29,138	29,458	29,782	30,104	30,434
3,0	29,862	30,198	30,537	30,876	31,221	31,563	31,911	32,256	32,607
3,2	31,853	32,211	32,573	32,934	33,302	33,667	34,038	34,406	34,781
3,4	33,844	34,224	34,609	34,992	35,383	35,771	36,165	36,556	36,955
3,6	35,835	36,237	36,645	37,050	37,464	37,875	38,292	38,706	39,129
3,8	37,826	38,250	38,681	39,108	39,545	39,979	40,419	40,856	41,303
4,0	39,816	40,264	40,716	41,168	41,628	42,084	42,548	43,008	43,476
4,2	41,807	42,277	42,752	43,226	43,709	44,188	44,675	45,158	45,650
4,4	43,798	44,290	44,788	45,284	45,790	46,292	46,802	47,308	47,824
4,6	45,789	46,303	46,824	47,342	47,871	48,396	48,929	49,458	49,998
4,8	47,780	48,316	48,860	49,400	49,952	50,500	51,056	51,608	52,172
5,0	49,770	50,330	50,895	51,460	52,035	52,605	53,185	53,760	54,345
5,2	51,761	52,343	52,931	53,518	54,116	54,709	55,312	55,910	56,519
5,4	53,752	54,356	54,967	55,576	56,197	56,813	57,439	58,060	58,693
5,6	55,743	56,369	57,003	57,634	58,278	58,917	59,566	60,210	60,867
5,8	57,734	58,382	59,039	59,692	60,359	61,021	61,693	62,360	63,011
6,0	59,724	60,396	61,074	61,752	62,442	63,126	63,822	64,512	65,214
Poids de la sphère pour $e' = 0,05$	gr. 4,977	5,033	5,089	5,146	5,203	5,261	5,318	5,376	5,434
Poids du cylindre pour $l' = 1,0$ et $e' = 0,05$	1,398	1,406	1,414	1,422	1,430	1,438	1,445	1,453	1,461

TABLE 3.

POIDS APPROCHÉS DES TIGES D'APRÈS LEURS DIAMÈTRES
ET DES CARÈNES D'APRÈS LEURS VOLUMES.

TIGES.		CARÈNES.	
DIAMÈTRES.	POIDS.	VOLUMES.	POIDS.
c. 0,50	gr. 3,1	c. 10	gr. 4,4
0,55	3,5	15	5,4
0,60	3,8	20	6,2
0,65	4,1	25	7,0
0,70	4,4	30	7,7
0,75	4,7	35	8,4
0,80	5,0	40	9,1
0,85	5,3	45	9,7
0,90	5,7	50	10,3
0,95	6,0	60	11,5
1,00	6,3	70	12,6

FIN DU TOME TRENTE-DEUXIÈME.

J. F. M. A.





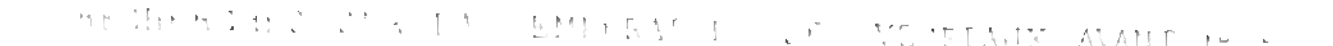


Fig. 2. Tracé graphique des variations de température dans l'air et dans l'intérieur d'un arbre à Genève pendant le mois de Janvier 179[illegible]

12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

Fig. 1. Moyennes annuelles de 1796 à 18[illegible]

5 6 7 8 9 10 11

33°
32°
31°
30°
29°
28°
27°
26°
25°
24°
23°
22°
21°
20°
19°
18°
17°
16°
15°
14°
13°
12°
11°
10°
9°
8°
7°
6°
5°
4°
3°
2°
1°
0

31 1 2

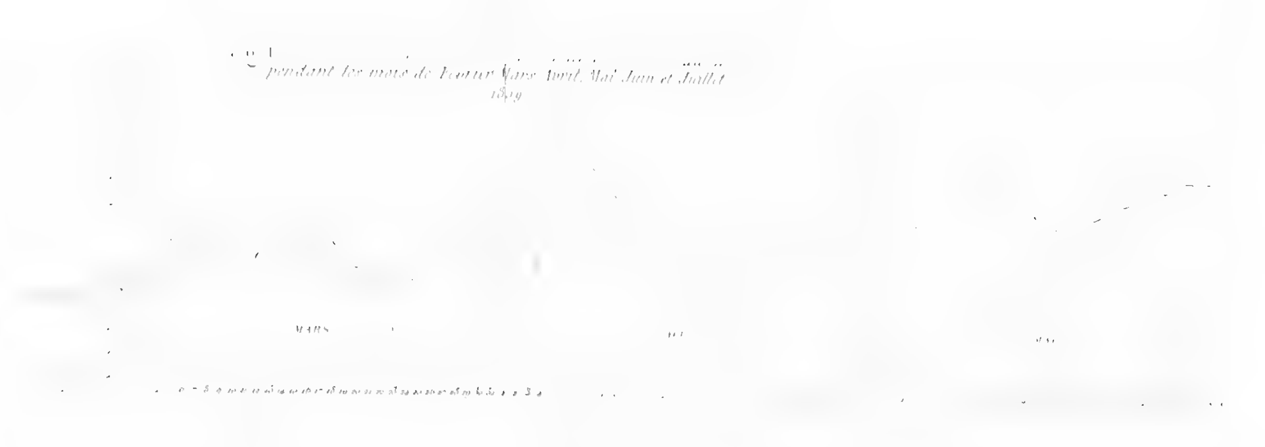

pendant les mois de Fevrier Mars Avril, Mai Juin et Juillet
1849
MARS


Fig. 2

14°
12°
10°
8°
6°
4°
2°
0
2°
4°
6°
8°
10°
12°
14°

de températur
e des abscisse

3

nercier, Paris

Observations d'Août et de Septembre 1858

Fig. 1re

Fig. 2

[illegible] des températures de l'eau au nord et [illegible] de l'Inde à 0m 15 de profondeur pendant le mois de Décembre 1859 au Jardin des plantes, les observons ont été faites à 9h m. 3h et 9h du soir.

Fig. 3

[illegible] de [illegible] de température [illegible] et [illegible] maronnier [illegible] de Janvier [illegible] au Jardin des plantes.

Fig. 4

ires de l'

rcier. Paris



Fig. 1. Variations des températures au nord et dans l'arbre en Avril Mai et Juin 1859

AVRIL MAI JUIN

Fig. 3

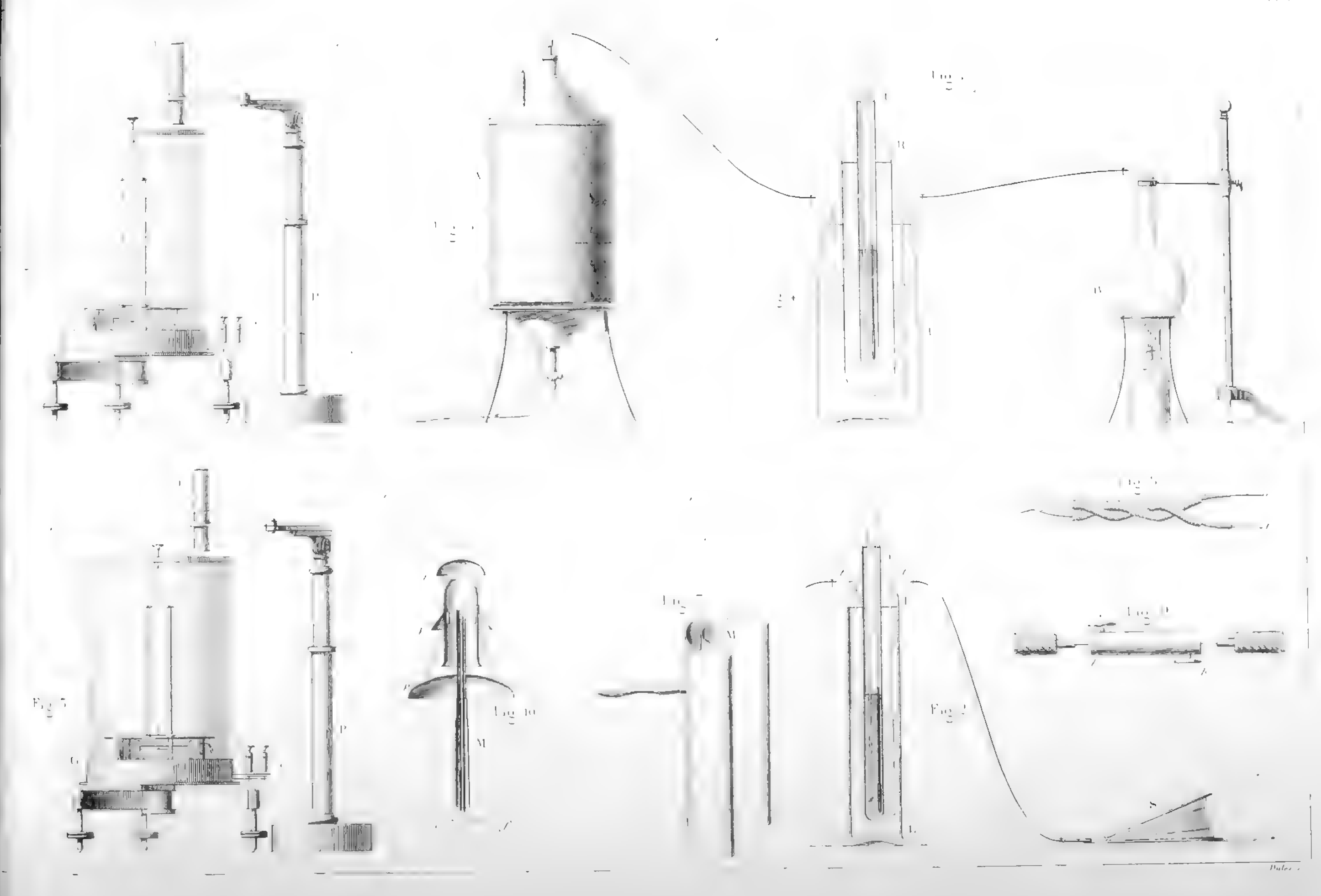
Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

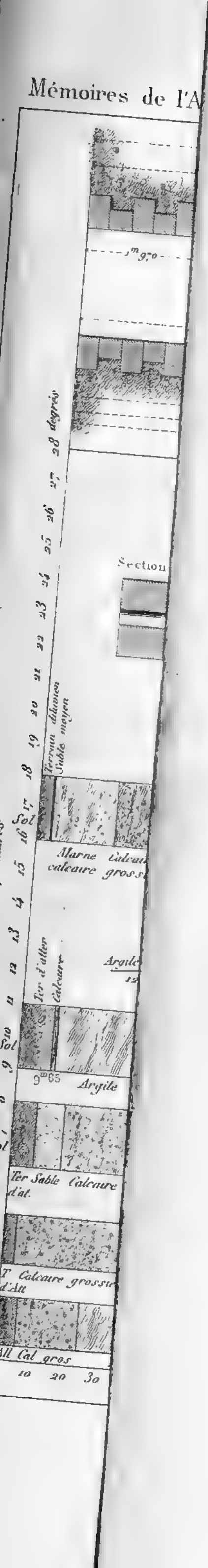

e de l'Académie de
g. 6.
f
Fig. 3.
G



Mémoi

G

noureux



Mémoires de l'A
1m970
Section
Sol
Marne Calcai
calcaire gross
Argile
Argile
9m65
Ter Sable Calcaire
d'at.
Calcaire grossi
d'Att
All Cal gros
10 20 30

Fig. 1

Coupe du terrain de l'Obser

Marne calcaire Argile Craie
calcaire grossier plastique

Fig. 3

Coupe des terrains traversés par le puits foré de Grenelle

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6